



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **“La velocidad de apreciación de la tasa de cambio en un escenario de auge de recursos naturales para una pequeña economía abierta, Colombia 2000 - 2015”**

**Iván Leonardo Urrea Ríos**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Escuela de Economía

Bogotá, Colombia

2016



# **“La velocidad de apreciación de la tasa de cambio en un escenario de auge de recursos naturales para una pequeña economía abierta, Colombia 2000 - 2015”**

**Iván Leonardo Urrea Ríos**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Ciencias Económicas**

Director:

PhD Mario García-Molina

Línea de Investigación:

Teoría y Política Económica

Grupo de Investigación:

Grupo Interdisciplinario en Teoría e Investigación Aplicada en Ciencias Económicas

Universidad Nacional de Colombia

Escuela de Economía

Bogotá, Colombia

2016



*A mis padres y mi hermano que siempre han  
sido mi apoyo y mi fuerza.*

*A María, mi gran amiga*

*"Solamente aquel que construye el futuro tiene  
derecho a juzgar el pasado"*

*Friedrich Wilhelm Nietzsche*



## **Agradecimientos**

A mis maestros de la Universidad Nacional de Colombia y de la vida que poco a poco y sin pretenderlo me hicieron nacer una pasión desenfrenada por la economía y el conocimiento: Cesar Giraldo, Isidro Hernández, Gustavo Junca, Leonardo Duarte, Jonathan Malagón, Luis Lorente Sanchez-Bravo, Luis Horacio López, Jorge Urrea Cepeda, Néstor Mario Urrea, Claudia Paz, Ana Lucía Villa y todos aquellos quienes han cultivado en mi la semilla del saber y la virtud.

Especialmente un agradecimiento a Francesco Bogliacino quien con paciencia infinita me apoyó a salir del laberinto, y a Mario García-Molina mi director de tesis quien con un equilibrio entre libertad y autoridad me llevó sutilmente a finiquitar este trabajo.





## Resumen

La medición de la velocidad de respuesta de la tasa de cambio en una pequeña economía abierta ante un auge de recursos naturales tiene múltiples fines. Este documento está enmarcado en la medición de la velocidad de respuesta de la tasa de cambio ante un auge de recursos naturales para una pequeña economía abierta. Para realizar la medición se utilizan datos entre 2000 y 2015, se estiman modelos de transición ARIMAX y VAR para analizar a nivel diario y mensual las relaciones y respuestas de la tasa de cambio ante un auge de recursos naturales. En el periodo de análisis los anuncios de descubrimientos de petróleo generaron apreciaciones de la tasa de cambio en un lapso de una semana, mientras que el precio del petróleo a nivel diario tuvo efectos significativos en términos de días en la tasa de cambio, con una direccionalidad precisa. En términos mensuales, los movimientos hacia la apreciación de la tasa de cambio de Colombia fueron guiados por los movimientos de los precios del petróleo, con una direccionalidad precisa y una respuesta en el mismo mes del choque antes de la entrada efectiva de las divisas en la balanza cambiaria. Así mismo, se observó consistentemente con la literatura internacional que las variables *order flow* e índice riesgo país, traspasan una parte del incremento en precios a la tasa de cambio.

**Palabras clave:** tasa de cambio, petróleo, Colombia, corto plazo, enfermedad holandesa, anuncios, descubrimientos.

## Abstract

Measuring the speed of response of the exchange rate in a small open economy in case of a boom of natural resources has multiple purposes. This work is under the framework of explaining the speed of response of the exchange rate in case of a natural resource boom. To reach the measurement are estimated ARIMAX transition models and VAR models with daily and monthly data between 2000 and 2015 to analyze the relationships and responses of exchange rate to a boom of natural resources. Between 2000 and 2015, oil discoveries had generated appreciations one week after the event while oil prices had an effect one or two days after the oil prices grew, but there is no a clearly direction. In monthly data, increase in oil prices drove exchange rate movements towards appreciation between one or two months after the shock and before additional foreign currency entry in the national economy. Furthermore, variables order flow and risk country variables index both transferred a portion of oil prices increasing towards exchange rate. Consistently with the international evidence variables order flow and risk country transmit a portion of the effect of oil prices towards exchange rate.

**Keywords:** exchange rate, oil, Colombia, short run, dutch disease, announcements, discoveries.

# Contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>23</b>
<b>1. Determinantes de la tasa de cambio en el corto plazo .....</b>	<b>28</b>
1.1 Modelos Macroeconómicos de Determinación de la Tasa de Cambio.....	28
1.2 Evolución de los Modelos de Tasa de Cambio y Principales Hallazgos .....	30
<b>2. Análisis de la velocidad de apreciación de la tasa de cambio en periodicidad diaria ...</b>	<b>35</b>
2.1 Modelo ARIMAX 2000 – 2015 con precios del petróleo .....	35
2.2 Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa.....	38
2.3 Modelo VAR de periodicidad diaria 2003 - 2015.....	39
<b>3. Análisis de la velocidad de apreciación de la tasa de cambio en periodicidad</b>	
	<b>mensual 47</b>
3.1 Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2008 – 2015.....	47
3.2 Modelo VAR de periodicidad mensual 2003 – 2015.....	48
<b>Conclusiones.....</b>	<b>53</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>57</b>
A. Modelos ARIMAX de Periodicidad Diaria Auxiliares (2000-2007) (2008-2015) y análisis de series 2000 - 2015.....	57
A.1. Análisis series Modelo ARIMAX para tasa de cambio y precios del petróleo 2000 – 2015 57	
A.2. Ventana Diaria 2000 – 2007 .....	58
A.3. Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2000 - 2007.....	59
A.4. Modelo 2 ARIMAX para Tasa de Cambio 2000 – 2007 incorporando las variaciones del precio del petróleo.....	61
A.5. Ventana Diaria 2008 - 2015.....	63
A.6. Modelo 3 ARIMA para Tasa de Cambio 2008 – 2015.....	64
A.7. Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2008– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo.....	65
B. Modelos Auxiliares de Análisis del Periodo 2000 - 2015.....	68
B.1. Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2000– 2015.....	68
B.2. Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2000– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo.....	70
C. Supuestos del Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2000– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo y variables dicotómicas .....	73

D.	Descubrimientos Petroleros en Prensa Nacional .....	75
E.	Modelos Auxiliares para Incorporación de Descubrimientos de Petróleo 2007 - 2014 ...	77
E.1.	Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2007– 2014.....	77
E.2.	Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo.....	79
E.3.	Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa.....	81
E.4.	Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa discriminados por tamaño ...	83
F.	Supuestos Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa .....	87
G.	Pruebas de raíz unitaria para series 2003 -2015 y supuestos del modelo diario .....	89
G.1.	Pruebas de Raiz Unitaria 2003 - 2015 .....	89
H.	Supuestos Modelo VAR 2003 – 2015 datos diarios .....	95
I.	Modelos y Análisis auxiliares VAR de periodicidad diaria .....	97
I.1.	Ventana Diaria 2003 – 2008 .....	97
I.2.	Modelo VAR 2003 - 2008.....	103
I.3.	Ventana Diaria 2009 – 2015 .....	108
I.3.	Modelo VAR 2009 – 2015 datos diarios .....	113
J.	Modelos ARIMAX auxiliares periodicidad mensual 2000 – 2015 y supuestos .....	118
J.1.	Análisis de series .....	118
J.2.	Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2015 .....	119
J.3.	Supuestos modelo ARIMAX mensual 2000 – 2015 con precio del petróleo .....	121
K.	Modelos ARIMAX de Periodicidad Mensual Auxiliares (2000-2007) (2008-2015) .....	123
K.1.	Ventana Mensual 2000 – 2007.....	124
K.2.	Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2007.....	124
K.3.	Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2000 - 2007 .....	126
K.4.	Ventana Mensual 2008 – 2015.....	128
K.5.	Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2008 - 2015.....	129
K.6.	Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2008 - 2015.....	131
L.	Pruebas de raíz unitaria para series 2003 -2015 mensuales y supuestos del modelo estimado.....	133
L.1.	Pruebas de raíz unitaria variables mensuales 2003 - 2015.....	133
L.2.	Supuestos Modelo VAR 2003 – 2015 datos mensuales .....	140
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>141</b>

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 : Modelo ARIMAX 2000 – 2015 con precios del petróleo .....	36
Tabla 2 : Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa .....	38
Tabla 3 : Test de Significancia Global con la Tasa de Cambio (DLY) como variable endógena ....	41
Tabla 4 : Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2008 – 2015 .....	47
Tabla 5 : Modelo VAR de periodicidad mensual 2003 – 2015.....	49
Tabla 6 : Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2000 - 2007.....	59
Tabla 7 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 1.....	60
Tabla 8 : Modelo 2 ARIMAX para Tasa de Cambio 2000 – 2007 incorporando las variaciones del precio del petróleo.....	61
Tabla 9 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 2.....	62
Tabla 10 : Modelo 3 ARIMA para Tasa de Cambio 2008 – 2015 .....	64
Tabla 11 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 3.....	65
Tabla 12 : Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2008– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo.....	65
Tabla 13 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX (trm y poil) 2008 – 2015 .....	67
Tabla 14 : Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2000– 2015 .....	68
Tabla 15 : Estadísticos de los Residuales del Modelo.....	69
Tabla 16 : Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2000– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo.....	70
Tabla 17 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2000– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo .....	72
Tabla 18 : Rezagos Modelo ARIMAX para tasa de cambio 2000-2015 incorporando variaciones del precio del petróleo y variables dicotómicas .....	73
Tabla 19 : Estadísticos .....	73
Tabla 20 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 7 ARIMAX (trm – P-Oil - Dummy) 2008 – 2015.....	74
Tabla 21: Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2007– 2014 .....	77
Tabla 22 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMA (trm) 2007 – 2014 .....	78
Tabla 23 : Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo.....	79
Tabla 24 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 9 ARIMAX (Trm . P Oil) 2007 – 2014.....	80
Tabla 25 : Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa.....	81

Tabla 26 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 10 ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil) 2007 – 2014 .....	83
Tabla 27. Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa discriminados por tamaño .....	84
Tabla 28 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil por Categorías) 2007 – 2014 .....	86
Tabla 29. Rezagos Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa .....	87
Tabla 30 : Estadísticos .....	87
Tabla 31 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil - Dummies) 2007 – 2014 .....	88
Tabla 32 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015.....	89
Tabla 33 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015.....	90
Tabla 34 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para “Order Flow” en nivel 2003 - 2008.....	91
Tabla 35 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008.....	92
Tabla 36 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para logaritmo de Tasa Interbancaria en primeras diferencias 2003 - 2015.....	93
Tabla 37 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Descubrimientos Petroleros 2005 - 2008 .....	94
Tabla 38 : Estadísticos Modelo VAR 2003 – 2015 datos diarios.....	95
Tabla 39 : Matriz de Varianzas y Covarianzas VAR (trm – Poil – Order Flow – EMBI - Doil) 2003 - 2015 .....	95
Tabla 40 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008.....	97
Tabla 41 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008.....	98
Tabla 42 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para “Order Flow” en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008 .....	99
Tabla 43 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008.....	100
Tabla 44 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa Interbancaria en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008.....	101
Tabla 45 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Descubrimientos Petroleros 2005 - 2008 .....	102
Tabla 46 : Modelo VAR 2003 - 2008.....	103
Tabla 47 : Matriz de Varianzas y Covarianzas VAR (trm – Poil – Order Flow - EMBI) 2003 - 2008 .....	104
Tabla 48 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa de Cambio en primeras diferencias 2009 - 2015 .....	108
Tabla 49 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para “Order Flow” 2009 - 2015 .....	110
Tabla 50 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Riesgo País (EMBI) en primeras diferencias 2009 – 2015 .....	111
Tabla 51 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa Interbancaria en primeras diferencias 2003 - 2008 .....	111
Tabla 52 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Descubrimientos Petroleros 2009 - 2015 .....	112
Tabla 53 : Modelo VAR 2009 – 2015 datos diarios .....	113

Tabla 54 : Matriz de Varianzas y Covarianzas VAR (trm – Poil – Order Flow - EMBI) 2003 - 2008 .....	114
Tabla 55 : Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2015 .....	119
Tabla 56 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 17.....	120
Tabla 57 : Rezagos Modelo ARIMAX mensual 2000 – 2015 con precio del petróleo.....	121
Tabla 58 : Estadísticos Modelo ARIMAX mensual 2000 – 2015 con precio del petróleo.....	121
Tabla 59 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX mensual 2000 – 2015 con precio del petróleo.....	122
Tabla 60 : Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2007 .....	124
Tabla 61 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2007 .....	126
Tabla 62 : Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2000 - 2007 .....	126
Tabla 63 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX (trm – p oil) 2000 - 2007 .....	128
Tabla 64 : Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2008 - 2015 .....	129
Tabla 65 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMA (trm) 2008 - 2015 .....	130
Tabla 66 : Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2008 - 2015 .....	131
Tabla 67 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 16.....	132
Tabla 68 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales) .....	133
Tabla 69 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales) .....	134
Tabla 70 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para “Order Flow” en nivel 2003 - 2015.....	135
Tabla 71 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008.....	136
Tabla 72 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para logaritmo de Tasa Interbancaria en primeras diferencias 2003 - 2015.....	137
Tabla 73 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Descubrimientos Petroleros 2007 - 2014 .....	138
Tabla 74 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Balanza Cambiaria 2003 - 2015 .....	139
Tabla 61 : Modelo VAR 2003 – 2015 datos mensuales.....	140
Tabla 76 : Matriz de Varianzas y Covarianzas VAR (trm – Poil – Order Flow) 2003 – 2015 (Datos Mensuales).....	140

## Lista de gráficos

Pág.

Gráfico 1: Impulso Respuesta de la tasa de cambio frente a choque en precio del petróleo 2003 - 2015 .....	42
Gráfico 2 : Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “ <i>Order Flow</i> ” 2003 - 2015 .....	42
Gráfico 3 : Impulso respuesta del “ <i>Order Flow</i> ” frente a choque en Precio del Petróleo” 2003 - 2015 .....	43
Gráfico 4 : Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “Riesgo País” .....	44
Gráfico 5 : Respuesta del Riesgo País frente a choque en precio del petróleo 2003 - 2015.....	45
Gráfico 6 : Respuesta de la Tasa de Cambio frente a un descubrimiento petroleros en el periodo 2003 - 2015 .....	45
Gráfico 7 : Impulso Respuesta de la tasa de cambio frente a choque en precio del petróleo 2003 – 2015 (Datos Mensuales) .....	50
Gráfico 8 : Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “ <i>Order Flow</i> ” 2003 – 2015 (Datos Mensuales) .....	51
Gráfico 9 : Impulso respuesta del “ <i>Order Flow</i> ” frente a choque en Precio del Petróleo” 2003 – 2015 (Datos Mensuales) .....	52
Gráfico 10 : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015 .....	57
Gráfico 11 : Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015 .....	58
Gráfico 12 : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2007 .....	58
Gráfico 13 : Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2007 .....	59
Gráfico 14 : Residuales Modelo 1 ARIMA (TRM) 2000 - 2007 .....	60
Gráfico 15 : Residuales Modelo 2 ARIMAX (trm y poil) 2000 - 2007 .....	62
Gráfico 16 : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2008 - 2015 .....	63
Gráfico 17 : Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2008 - 2015 .....	63
Gráfico 18 : Residuales Modelo 3 ARIMA (trm y poil) 2008 - 2015 .....	65
Gráfico 19 : Residuales Modelo ARIMAX (trm y poil) 2008 – 2015.....	67
Gráfico 20 : Residuales Modelo ARIMA (trm) 2008 - 2015 .....	69
Gráfico 21 : Residuales del modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2000– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo y observaciones a modelar con variable dicotómica .....	71
Gráfico 22 : Residuales Modelo 7 ARIMAX (trm – P-Oil - Dummy) 2008 – 2015 .....	74
Gráfico 23 : Residuales Modelo ARIMA (trm) 2007 – 2014.....	78
Gráfico 24 : Residuales Modelo ARIMAX (Trm - P Oil) 2007 – 2014.....	80
Gráfico 25 : Residuales Modelo 10 ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil) 2007 – 2014.....	83
Gráfico 26 : Residuales Modelo ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil por Categorías) 2007 – 2014.....	85
Gráfico 27 : Residuales Modelo ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil - Dummies) 2007 – 2014 .....	88
Gráfico 28 : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015 .....	89
Gráfico 29 : Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015 .....	90
Gráfico 30 : “ <i>Order Flow</i> ” en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015.....	91



Gráfico 31 : Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015 .....	92
Gráfico 32 : Tasa Interbancaria en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015 .....	93
Gráfico 33 : Descubrimientos Petroleros 2005 – 2015 .....	93
Gráfico 34 : Residuales Modelo 20 VAR (trm – Poil – Order Flow – EMBI - TIB) 2003 - 2015.....	96
Gráfico 35 : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008 .....	97
Gráfico 36 : Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008 .....	98
Gráfico 37 : “Order Flow” en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008.....	99
Gráfico 38 : Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008 .....	100
Gráfico 39 : Tasa Interbancaria en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008 .....	101
Gráfico 40 : Descubrimientos Petroleros 2005 – 2008 .....	102
Gráfico 41 : Residuales Modelo 19 VAR (trm – Poil – Order Flow – EMBI - Doil) 2003 - 2008 ....	104
Gráfico 42 : Impulso Respuesta de la tasa de cambio frente a choque en precio del petróleo 2003 - 2008.....	105
Gráfico 43 : Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “k” .....	105
Gráfico 44 : Impulso respuesta del “Order Flow” frente a choque en Precio del Petróleo” .....	106
Gráfico 45 : Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “Riesgo País” .....	106
Gráfico 46 : Impulso respuesta del Riesgo País frente a choque en precio del petróleo .....	107
Gráfico 47 : Impulso respuesta de la Tasa de Cambio frente a choque en un descubrimiento petrolero en el periodo 2003 - 2008 .....	107
Gráfico 48 : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2009 - 2015 .....	108
Gráfico 49 : Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2009 - 2015 .....	109
Gráfico 50 : “Order Flow” en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008.....	110
Gráfico 51 : Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2009 - 2015 .....	110
Gráfico 52 : Tasa Interbancaria en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008 .....	111
Gráfico 53 : Descubrimientos Petroleros 2009 – 2015 .....	112
Gráfico 54 : Residuales Modelo 20 VAR (trm – Poil – Order Flow – EMBI - TIB) 2009 - 2015.....	114
Gráfico 55 : Impulso Respuesta de la tasa de cambio frente a choque en precio del petróleo 2009 - 2015.....	115
Gráfico 56 : Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “Order Flow” 2009 - 2015 .....	115
Gráfico 57 : Impulso respuesta del “Order Flow” frente a choque en Precio del Petróleo” 2009 - 2015.....	116
Gráfico 58 : Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “Riesgo País” .....	116
Gráfico 59 : Impulso respuesta del Riesgo País frente a choque en precio del petróleo .....	117
Gráfico 60 : Impulso respuesta de la Tasa de Cambio frente a choque en la tasa interbancaria en el periodo 2009 - 2015 .....	117
Gráfico 61 : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015 .....	118
Gráfico 62 : Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015 .....	119
Gráfico 63 : Residuales Modelo ARIMA (trm) 2000 - 2015.....	120
Gráfico 64 : Residuales Modelo Modelo ARIMAX mensual 2000 – 2015 con precio del petróleo	121
Gráfico 65 : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015 .....	123
Gráfico 66 : Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015 .....	123
Gráfico 67 : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2007 .....	124
Gráfico 68. Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2007 .....	124
Gráfico 69. Residuales Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2007.....	125
Gráfico 70. Residuales Modelo ARIMAX (trm – p oil) 2000 - 2007 .....	127
Gráfico 71. Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2008 - 2015 .....	128
Gráfico 72. Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2008 - 2015 .....	128
Gráfico 73 : Residuales Modelo ARIMA (trm) 2008 - 2015.....	130

Gráfico 74 : Residuales Modelo 16 ARIMA (trm) 2008 - 2015 .....	132
Gráfico 75 : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (datos mensuales) .....	133
Gráfico 76 : Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales).....	134
Gráfico 77 : “Order Flow” en nivel y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales) .....	135
Gráfico 78 : Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales).....	136
Gráfico 79 : Tasa Interbancaria en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales).....	137
Gráfico 80 : Descubrimientos Petroleros 2007 – 2014 .....	138
Gráfico 81 : Balanza Cambiaria en nivel y en primeras diferencias 2003 – 2015 .....	139
Gráfico 48 : Residuales Modelo 20 VAR (trm – Poil – <i>Order Flow</i> – EMBI - TIB) 2003 – 2015 (Datos Mensuales) .....	140

## Lista de Símbolos y abreviaturas

### Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término
<i>Y</i>	<i>Tasa de cambio en nivel peso/dolar</i>
<i>LY</i>	<i>Logaritmo natural de la tasa de cambio</i>
<i>DLY</i>	<i>Primera diferencia del logaritmo de la tasa de cambio</i>
<i>X</i>	<i>Precio del petróleo Brent en dólares por barril</i>
<i>LX</i>	<i>Logaritmo natural del precio del petróleo Brent</i>
<i>DLX</i>	<i>Primera diferencia del precio del petróleo Brent</i>
<i>DOIL</i>	<i>Variable dicotómica que toma el valor de 1 en el día o mes en el que se anunciaron en prensa descubrimientos petroleros en territorio colombiano.</i>
<i>D(A-Z)</i>	<i>Dummys auxiliares</i>
<i>O</i>	<i>Order Flow</i>

X	La velocidad de apreciación de la tasa de cambio en un escenario de auge de recursos naturales para una pequeña economía abierta, Colombia 2000 - 2015
---	--

Símbolo	Término
$E$	Índice EMBI de Riesgo País de Colombia producido por JP Morgan
$LE$	Logaritmo natural de EMBI
$DLE$	Primera Diferencia del logaritmo natural del EMBI
$T$	Tasa de interés interbancaria para Colombia
$LT$	Logaritmo natural de tasa interbancaria
$DLT$	Primera Diferencia de tasa interbancaria

## Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término
$Y_t$	Valor variable endógena
$\Delta^d$	Operador de diferencia
$\phi_0$	Constante modelo ARIMAX teórico
$\sum_{i=1}^p \phi_i$	Coeficientes para los rezagos de la variable $Y_t$ en el modelo ARIMAX teórico
$\sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i}$	Coeficientes para los rezagos de la variable $\varepsilon_t$ en el modelo ARIMAX teórico

---

$\varepsilon_t$	<i>Innovación o perturbación estocástica</i>
$\Delta^D$	<i>Operador de diferencia para variable exógena en modelo ARIMAX</i>
$X_t$	<i>Variable exógena modelo ARIMAX; Segunda variable modelo VAR reducido.</i>
$\varepsilon_{Yt}$	<i>Innovaciones en la variable Y del modelo VAR</i>
$\varepsilon_{Xt}$	<i>Innovaciones en la variable X del modelo VAR</i>
$a(f,j)_n$	<i>Coeficientes en modelo VAR de la ecuación de la variable f para la variable número j en el rezago n</i>



# Introducción

A lo largo de la historia, los fenómenos económicos que surgen a raíz de un auge de recursos naturales, han sido objeto de estudio en distintas partes del mundo y en distintas escuelas de economía. Estos estudios han arrojado todo un espectro de resultados de los auges dependiendo de la estructura económica del país, tipos de instituciones y del nivel de gobernanza<sup>1</sup>. Comprender los auges de recursos naturales, sus consecuencias económicas y las estructuras institucionales que producen uno u otro resultado, se constituye en una condición necesaria para el diseño y ejecución de la política económica.

Dentro de la literatura económica, los auges de recursos naturales, sean vía precios de materias primas, o vía descubrimiento de yacimientos, han mostrado la posibilidad de presentar dos fenómenos económicos que son adversos al desarrollo económico del mediano y largo plazo: “La Maldición de los Recursos Naturales” y la “Enfermedad Holandesa”; estos están interrelacionados y se han evidenciado en países con estructuras productivas en donde el sector primario toma una posición dominante en la economía afectando de una u otra manera el funcionamiento y la evolución de los sistemas económicos como un todo.

Estos dos fenómenos han merecido la atención del análisis económico por décadas. El primero de los fenómenos puede ser sintetizado en la idea de que una economía con una abundancia relativa de materias primas en su territorio, en vez de generar un motor de desarrollo a través de encadenamientos con nuevas actividades basadas en los recursos provenientes de las dotaciones naturales, se ve atrapado en un círculo donde la baja institucionalidad no permite que se generen las condiciones para el aprovechamiento del

---

<sup>1</sup> Dentro de los numerosos casos que ha abordado la literatura se encuentran casos disímiles como el de Noruega que es un ejemplo de una bonanza bien administrada, y el de Nigeria como el opuesto (Cassing, 1987).

auge.<sup>2</sup> El segundo fenómeno, se podría decir que es parte de la “maldición de los recursos naturales”, e internacionalmente se conoce como la “Enfermedad Holandesa<sup>3</sup> el cual consiste en una apreciación del tipo de cambio real debido al efecto ingreso generado por los recursos de la bonanza. El mecanismo se desarrolla mediante la disminución del precio relativo del sector transable ajeno a la bonanza respecto al no transable. Una vez la capacidad de compra se incrementa, el incremento en el precio de los transables se ve mermado por la competencia de las importaciones<sup>4</sup>, por el contrario, el sector no transable, dado que no tiene competencia externa, ve incrementados sus precios generando una apreciación real del tipo de cambio. Esta apreciación real a su vez hace al sector industrial exportable más costoso respecto al mundo, apoyando un proceso de desindustrialización de la economía, y por consiguiente una concentración en el sector primario del aparato productivo.

Dentro de la Enfermedad Holandesa, otros efectos pueden acompañar el fenómeno de la apreciación del tipo de cambio real. Uno de ellos es la relocalización de los factores de producción hacia el sector de bonanza, encareciendo tales factores para el conjunto de la economía. No obstante, si la economía no se encuentra en su frontera de posibilidades de producción, puede que el sector bonanza absorba el trabajo ocioso en una proporción importante, y que el capital sea importado, lo cual no genera un encarecimiento de los bienes de capital en la economía interna (Piraján & Urrea, 2011). Adicional al efecto de reasignación de recursos, el efecto fiscal de incrementar el gasto público sin una correspondiente alza en los impuestos puede llevar a problemas de sostenibilidad fiscal en el mediano plazo cuando los recursos de la bonanza dejen de entrar al sistema económico. El análisis de este problema en los países con auges de recursos naturales es relevante

---

<sup>2</sup> Dentro de los efectos negativos se encuentra una variedad amplia de fenómenos: Conflictos internos, enfermedad holandesa, volatilidad de los recursos del auge, endeudamiento excesivo, corrupción, falta de diversificación y efectos lock-in, recursos humanos.

<sup>3</sup> Término acuñado el 26 de noviembre de 1977 en la revista *The Economist*, al referirse a los efectos adversos que tuvo el descubrimiento de grandes reservas de gas natural sobre la producción manufacturera holandesa en la década de los 60's, donde se percibió una apreciación real del Florín, que redujo la rentabilidad, por consiguiente deterioró el sector transable tradicional en especial de manufacturas (Corden, 1982)

<sup>4</sup> Esto es, es fijado en los mercados internacionales.



para orientar la política macroeconómica de mediano plazo y evitar crisis en el momento de la finalización del auge de recursos.

En Colombia, los auges de materias primas han sido objeto de debate en el pasado con el desarrollo de la economía cafetera (Puyana, 2000). En la primera década del siglo XXI y en el primer lustro de la segunda década, se ha presentado un súper ciclo de precios de materias primas (minerales y petróleo) el cual ha provisto de recursos abundantes la economía colombiana y ha proliferado la entrada de Inversión Extranjera Directa principalmente al sector minero energético (Botta, Godin, & Missaglia, 2014). Comprender este auge en las últimas décadas y sus consecuencias económicas reviste un interés no menor dentro de la ciencia económica de nuestro tiempo.

Analizar los efectos que ha tenido el auge sobre el sistema económico y establecer las vulnerabilidades del mismo, se establece como una prioridad del análisis económico en Colombia. Distintos trabajos para Colombia han referenciado la existencia de enfermedad holandesa mediante la apreciación del tipo de cambio real, la disminución de la participación de las manufacturas y la agricultura en el producto nacional y el cambio en los precios relativos de los bienes transables y no transables (Piraján & Urrea, 2011). Empero, debido a la crisis desatada en 2008, el comercio internacional ha presentado una desaceleración de su crecimiento<sup>5</sup>, y, a raíz de diversos factores económicos tanto de oferta como de demanda en el mercado mundial de hidrocarburos<sup>6</sup> el súper ciclo de precios ha llegado a su fin<sup>7</sup>.

Recientemente algunos autores han sostenido que el fenómeno de la enfermedad holandesa puede tener una contraparte financiera que no se ha referenciado ampliamente

---

<sup>5</sup> En el periodo 1986 – 2007 el promedio de crecimiento anual del comercio internacional fue de 7,3% anual, en contraste, entre 2007 y 2012 el promedio fue de 2,7% (Ocampo., 2013).

<sup>6</sup> Según las proyecciones sobre el mercado energético hasta el año 2035, el consumo de energía se incrementará en un 41%, donde un 95% de ese crecimiento provendrá de las economías emergentes de rápido crecimiento. Frente la oferta, se estima que las nuevas formas de energía, como el gas de esquisto y las energías renovables representarán una parte significativa del crecimiento de la oferta global y consideran que las condiciones políticas y económicas permitirán el abastecimiento energético. (BP, 2014)

<sup>7</sup> Los precios del petróleo actualmente rondan 50 dólares el barril, lo cual ha tenido una contraparte tanto en la reducción de flujos de inversión extranjera, como en los ingresos por regalías del gobierno nacional. Así mismo, la escasez de dólares relativa en la economía ha generado un fenómeno de depreciación del dólar superando la barrera de los 3.000 pesos por dólar.

en la literatura (Botta, Godin, & Missaglia, 2014). Según estos autores, la entrada de capitales de inversión a la economía por el auge minero energético puede generar desequilibrios macroeconómicos que no son financieramente sostenibles en el mediano plazo y que consolidan una vulnerabilidad del sistema económico.<sup>8</sup>

Este fenómeno macroeconómico tiene su núcleo en un desequilibrio en la balanza de pagos, donde las salidas de capital vía renta de factores y pago de importaciones tienen un carácter recurrente en el tiempo, y las entradas de capital, principalmente la inversión extranjera directa, tienen una naturaleza no recurrente, de modo que se financian salidas de capital recurrente con entradas de capital no recurrentes, dando lugar a un riesgo de desfinanciamiento de la balanza de pagos. Un déficit en cuenta corriente se genera por un nivel de exportaciones insuficiente para respaldar un alto monto de importaciones de capital y de manufacturas<sup>9</sup>, acompañado de un creciente giro de rentas factoriales al exterior. El financiamiento de este déficit se hace vía cuenta de capital mediante las entradas de Inversión Extranjera Directa en el sector primario de la economía y las inversiones de portafolio de corto plazo provenientes del exterior (Botta, Godin, & Missaglia, 2014). De este modo, no sólo el auge minero energético puede causar efectos nocivos para la estructura económica colombiana, sino que puede producir una vulnerabilidad externa que puede ocasionar una crisis de balanza de pagos.

No obstante la caracterización anterior del fenómeno de la enfermedad holandesa, y su contraparte financiera, existen preguntas fundamentales por responder: ¿Es la enfermedad holandesa financiera una consecuencia o evolución de la enfermedad holandesa clásica? ¿Son parte del mismo fenómeno? ¿Cuál de los dos sucede primero? ¿Cuál es la cadena causal de tal fenómeno? Para resolver estas preguntas se debe responder en primera instancia una pregunta más sencilla: ¿cuál es la velocidad de respuesta de la apreciación de la tasa de cambio dado un auge de recursos naturales? Al responder esta pregunta, se abrirá el camino para establecer si el desequilibrio macroeconómico de balanza de pagos expuesto anteriormente sucede justo cuando la tasa de cambio empieza a apreciarse, o si sucede antes de que los efectos de la

---

<sup>8</sup> Adicionalmente, en la literatura se hace referencia al efecto de menor crecimiento económico de economías no diversificadas con IED en los sectores primarios (Godin & Caverzasi, 2013).

<sup>9</sup> Principalmente generado por la pérdida de competitividad del sector transable ajeno a la bonanza.

enfermedad holandesa clásica se consoliden, esto debido a que los efectos clásicos<sup>10</sup> para el año 2010 no se habían acentuado (Piraján & Urrea, 2011).

Este trabajo se enfoca precisamente en responder la sobre qué tan veloz es la respuesta de la tasa de cambio ante un auge de recursos naturales en precios y en cantidades. La respuesta a esta pregunta podrá dar nuevas luces sobre los fenómenos económicos producidos por los auges de recursos naturales y su dinámica temporal.

Para establecer la velocidad de apreciación de la tasa de cambio ante un auge en precios o cantidades del petróleo en Colombia en el periodo 2000 – 2015 se realiza un análisis econométrico de series de tiempo con base en las configuraciones que la literatura económica ha encontrado recientemente en materia de determinación de tasas de cambio de corto plazo.

---

<sup>10</sup> Desindustrialización, apreciación real de la tasa de cambio, pereza fiscal y redistribución de factores de producción de sectores transables a sectores no transables.

# **1. Determinantes de la tasa de cambio en el corto plazo**

En la literatura económica los modelos de determinación de la tasa de cambio son parte de la caja de herramientas de cualquier hacedor de política macroeconómica o agente que opere en una economía con tipo de cambio flexible. La necesidad de conocer si los niveles de tasas de cambio en un momento determinado están determinados estructural o coyunturalmente, o conocer hacia donde podría evolucionar la tasa de cambio, y a qué velocidad, son elementos que fortalecen la toma de decisiones para un mejor funcionamiento de la economía y para disminuir la incertidumbre en el sector privado.

## **1.1 Modelos Macroeconómicos de Determinación de la Tasa de Cambio**

Los principales enfoques para la determinación de la tasa de cambio nominal en la literatura económica a nivel macroeconómico son el modelo tradicional, el modelo monetario, el enfoque de balance de portafolios, y el modelo de paridad de poder adquisitivo (Ogun, 2012).

El modelo tradicional se basa en la idea de que las fuerzas de oferta y demanda de divisas determinan su precio, siendo el precio de equilibrio el que iguala la oferta y la demanda. En este modelo los flujos de capital juegan un papel fundamental; una salida de capitales modula un superávit en cuenta corriente, mientras que una entrada de capitales financia un déficit en cuenta corriente. Bajo este enfoque, un déficit en cuenta corriente que tiende a depreciar la moneda, bajo este modelo llama a la política económica a reducir el nivel de precios (hacerse menos costos respecto al mundo) y el ingreso (para disminuir la demanda de importaciones) mediante un incremento en las tasas de interés.<sup>11</sup>

Los modelos de corte monetarista se asemejan a los tradicionales al otorgar a las fuerzas del mercado la función de determinar la tasa de cambio de equilibrio. Empero, en esta

---

<sup>11</sup> En este modelo existe el supuesto pasivo de que el mercado de activos sigue a la perfección las decisiones de política del país deficitario para el ejemplo, lo cual, para una pequeña economía abierta no siempre es cierto (Ogun, 2012).

perspectiva, la tasa de cambio se ajusta para corregir cualquier desequilibrio en el mercado de dinero. Por ejemplo una reducción en la oferta de dinero local, haría las divisas abundantes respecto a la moneda local, provocando una apreciación del tipo de cambio, paso siguiente, el menor ingreso debido a la contracción monetaria disminuiría la demanda de activos financieros y con esto la de dinero, equilibrando la escasez de oferta monetaria. En este modelo, cualquier desbalance en el mercado monetario es de corta duración, la tasa de cambio se ajusta para corregir tales desequilibrios so pena de generarse un déficit de balanza de pagos (Frankel & Rose, 1994). Las fuerzas de movimiento de la tasa de cambio, pueden provenir también de cambios en tasas de interés y de variaciones en el ingreso.<sup>12</sup>

En la perspectiva de optimización de portafolios, el equilibrio financiero de tres mercados produce el nivel de tasa de cambio óptimo (Ogun, 2012). El mercado de dinero, el mercado de bonos locales, y el mercado de bonos foráneos están en equilibrio si la cantidad deseada de cada activo financiero, es exactamente la mantenida en ese momento del tiempo. De este mecanismo surgen tres precios de equilibrio, el precio de cada activo financiero, la tasa de interés local, y la tasa de cambio. Las variaciones de la tasa de cambio surgen por las preferencias de los agentes entre activos foráneos y locales, y sus cambios. Es importante notar, que los fundamentales<sup>13</sup> son excluidos en el cálculo de este abordaje, de modo que ésta puede ser fuente de variaciones no explicadas por el modelo.

La construcción teórica de la Paridad de Poder Adquisitivo (PPA) se enfoca en la tasa de cambio que balancea tanto la cuenta corriente como la cuenta de capitales. Existen en este enfoque dos variaciones, la PPA absoluta y la PPA relativa (Ogun, 2012). En General la PPA absoluta plantea que el precio de una mercancía medido en la misma moneda en dos países distintos debería ser el mismo, de modo que el arbitraje se encarga de eliminar cualquier diferencia en precios bajo la misma moneda y esto genera las variaciones de las tasas de cambio. En el mundo real, los costos de transacción, las diferentes composiciones de los niveles de precios, y las barreras de comercio hacen que esto no se cumpla, de modo que existe poca evidencia para soportar la PPA absoluta. Bajo la perspectiva de PPA

---

<sup>12</sup> El supuesto que de no cumplirse puede generar desequilibrios permanentes en este modelo, es la perfecta sustitución entre activos financieros locales y foráneos.

<sup>13</sup> Producción, empleo, balanza comercial, niveles de precios.

relativa, se define la tasa de cambio de equilibrio como la tasa de cambio de un año base multiplicada por la relación entre los índices de precios del país doméstico y del país (o países) foráneos (Rogoff, 1996), de modo que este sólo captura la tasa implícita, no siendo relativamente útil para analizar la tasa explícita, es decir, la nominal que es con la que se hacen efectivos los intercambios.

## **1.2 Evolución de los Modelos de Tasa de Cambio y Principales Hallazgos**

Estos modelos han experimentado una evolución importante desde su génesis con el surgimiento de los primeros modelos macroeconómicos de economía abierta. Una característica fundamental de esta evolución en el modelaje, es la temporalidad. En un principio los modelos se enfocaban en la determinación de la tasa de cambio real, que se define como la relación entre los niveles de precios de los países bajo análisis versus sus socios comerciales, y se puede entender como la tasa de cambio de largo plazo (a pesar que varíe cuando la nominal se afecta). Sin embargo, hasta hace un par de décadas, estos modelos macroeconómicos de mediano y largo plazo no habían mostrado un buen desempeño en la determinación de las tasas de cambio de corto plazo (Frankel & Rose, 1994). La literatura económica concluyó para su tiempo que un modelo de caminata aleatoria pronosticaba mejor el comportamiento de las tasas de cambio que los modelos monetarios, de precios rígidos y de optimización de portafolios (Meese & Rogoff, 1983).

Estos resultados no positivos de la macroeconomía de su tiempo dieron lugar a argumentos como la irracionalidad de los mercados de divisas (Engel, 1996). Pero a partir de este sombrío diagnóstico se sugirió un enfoque de microestructura de mercados como el camino a seguir. Modelos que tomaran en cuenta los efectos de los anuncios de corto plazo en el comportamiento de la tasa de cambio nominal (Frankel & Rose, 1994).<sup>14</sup>

Dada esta sugerencia, a finales de los años 90 en los análisis de los efectos de anuncios de variables fundamentales sobre la tasa de cambio, se empiezan a encontrar efectos de

---

<sup>14</sup> Se hizo la salvedad de que la medición de expectativas debía ser lo suficientemente fina como para superar el problema de que las expectativas de los agentes de mercado justo antes de un anuncio particular pueden diferir de la expectativa en el momento de la encuesta (Frankel & Rose, 1994).

los anuncios de déficits de cuenta corriente y de mayor desempleo sobre la depreciación para el dólar australiano (Kim, 1998) (Boulter & Tan, 2000), y mediciones de la velocidad de ajuste de las tasas de cambio ante sorpresas de la oferta monetaria de los bancos centrales del G7 (Arokiasamy, Mathur, & Sharma, 2000).

No obstante, respecto a la importancia de los fundamentales, (Andersen, 2003) marca un corte transversal. Se enfoca en datos intradiarios tanto para la media condicional de la tasa de cambio como para su volatilidad, encontrando un ajuste de diez segundos promedio para las medias de tasa de cambio, y de ajustes más graduales en las varianzas condicionales ante los anuncios en producción, balances de cuenta corriente, índices de precios y tasas de desempleo.<sup>15</sup> Adicionalmente encuentra una asimetría en la respuesta de la tasa cambio ante noticias “buenas” (tendientes a la apreciación) y las noticias malas, donde las noticias malas tienen un efecto mayor sobre la tasa de cambio que las buenas (resultado ratificado por otros ejercicios (Galati & Ho, 2003)). La importancia de este documento radica en que aportó luces a la investigación durante la primera década del siglo XXI mediante intuiciones como la importancia en los volúmenes tranzados<sup>16</sup> (Evans & Lyons, 2002), la importancia de los anuncios no esperados (Arokiasamy, Mathur, & Sharma, 2000) y el efecto del “estado de incertidumbre del mercado” donde en escenarios de mayor volatilidad los mercados son más sensible a los anuncios (Fornari, 2002), (Evans & Speight, 2010).

La importancia de los volúmenes tranzados de divisas en la determinación de la tasa de cambio de corto plazo, ha sido explicada por dos razones fundamentales: En primer lugar, el aprendizaje de los actores de mercado puede generar diferencias en la “velocidad de respuesta” en la actualización de los precios con las señales de mercado, de modo que los más avezados pueden tomar partido a costa de los aprendices (Payne & Love, 2003). De otra parte, el desacuerdo sobre los determinantes de la tasa de cambio real puede motivar el intercambio sin importar el nivel de destreza de los actores, es decir, las asimetrías de información e interpretación, generan que el efecto de los anuncios no se

---

<sup>15</sup> Para Japón se encuentran los mismo resultados respecto a la importancia de los fundamentales (Ito, 2010)

<sup>16</sup> La variable trabajada en la literatura es el “*Order Flow*” el cual se define como la diferencia entre el número de transacciones iniciadas por una compra y el número de transacciones iniciadas por una venta para cada momento del tiempo.

incorporen directamente en los precios de las divisas de forma inmediata (Vitale, 2004). De igual forma se ha encontrado que el “*Order Flow*” explica de forma importante los movimientos de corto plazo, pero va perdiendo su poder explicativo en el mediano plazo a medida que las ventanas temporales se hacen más extensas (Berger, y otros, 2005), (Evans M. D., 2005). En modelos ulteriores la volatilidad de los “*Order Flow*” se encuentra como un elemento explicativo de la tasa de cambio de corto plazo (Evans & Lyons, 2008).

Por su parte, una refinación institucional de la importancia de los volúmenes de transacción en la determinación de las tasas de cambio de corto plazo se esboza mediante la distinción entre agentes económicos “financieros” y “comerciales” donde los primeros son compradores netos, adversos al riesgo y motivados por las utilidades, y los segundos vendedores netos, guiados por el nivel de tasa de cambio y escogen racionalmente no especular (Osler, 2006).

La modelación de los anuncios cuantitativos, en general utiliza la estandarización de (Andersen, 2003), la cual diferencia el valor esperado y el efectivo para cada observación, y la divide por la desviación estándar muestral para poder realizar choques en magnitudes de desviación estándar y comparar entre variables. Para la modelación de anuncios no cuantitativos, o no esperados se introducen variables dicotómicas de distintos tipos de anuncios (empleo, producción, desastres, cambios políticos, balances externos) (Dominguez & Panthaki, 2006), o se asigna un valor de 1 si tienden a apreciar la tasa de cambio o de -1 en caso contrario y se agregan en unidades homogéneas de tiempo (Payne & Love, 2003). En materia econométrica, los métodos más usados son los modelos ARCH y GARCH para modelar volatilidad, y VAR y MCO con modelación de heteroscedasticidad para medias condicionales, mostrando un mejor desempeño los modelos de series de tiempo que los lineales (Siklos & Bohl, 2008).

Para países en desarrollo se han utilizado otro tipos de variables dignas de ser utilizadas en pequeñas economías abiertas, los precios de los principales commodities de exportación son parte importante de la explicación de los movimientos de la tasa de cambio para Sudáfrica (Egert, 2010), al igual que medidas del “riesgo país” para el mismo fin en países en desarrollo como Serbia (Nedeljkovic & Urosevic, 2012).

Los datos diarios tienen la fortaleza de no estar afectados por la temporalidad de los anuncios en distintas partes del globo terráqueo, por ejemplo, encontrar que los anuncios



en Estados Unidos tienen un mayor efecto que los anuncios de Europa, porque los primeros en ventanas intradiarios se anuncian horas antes (Ehrmann & Fratzscher, 2005). En segundo lugar, la reacción puede tomar horas, o días enteros de modo que ventanas de 5 minutos, o de 30 minutos pueden sólo recoger efectos temporales y no permanentes. Estos modelos han funcionado relativamente bien dando cuenta de la dirección, pero no de la magnitud de los cambios (Wei Lia, 2015).

La búsqueda de la velocidad de apreciación de la tasa de cambio, obliga abordar un enfoque técnico de series de tiempo. En las secciones de análisis econométrico y económico la primera parte se dedica a una revisión de las características de las series, dando lugar una vez realizado tal ejercicio se procede con la estimación de los modelos de medición de velocidad de apreciación de la tasa de cambio. Primero se aborda el análisis de datos diarios, y posteriormente se procede con la periodicidad mensual. Así mismo, primero se realiza el análisis únicamente para la relación entre el auge en precios y cantidades, y la tasa de cambio y paso siguiente, se incorporan variables que en la literatura internacional determinan la tasa de cambio en el corto plazo para una pequeña economía abierta, con el fin de robustecer los resultados y enriquecer el análisis de velocidad general<sup>17</sup>

Se utilizan modelos ARIMAX<sup>18</sup> y VAR para la búsqueda de la velocidad de apreciación de la tasa de cambio.

Los modelos ARIMAX<sup>19</sup> tienen la siguiente estructura<sup>20</sup> (Enders, 2015):

<sup>17</sup> Estas variables a incorporar según la revisión de bibliografía son: tasa de interés, índice Riesgo país, precio del petróleo, anuncios de descubrimientos de petróleo.

<sup>18</sup> La metodología diseñada para construir los modelos ARIMAX sigue los siguientes pasos:

- 1) Estimar un modelo ARIMA para la tasa de cambio.
- 2) Una vez se tiene un buen modelo explicativo de la serie, se incorpora la variable exógena "Precios del Petróleo BRENT" como una variable explicativa que cumple con el supuesto de no tener correlación con los errores, ni es determinada por la variable endógena.
- 3) Cuando se tiene el mejor modelo, con los rezagos significativos estadísticamente, se procede a explicar que tan rápido se aprecia la tasa de cambio en el periodo respectivo, ante un auge de precios del petróleo.

<sup>19</sup> Estos modelos también son llamados funciones de transferencia.

<sup>20</sup> En la lista de símbolos están los significados de las ecuaciones.

$$Y_t = -(\Delta^d Y_t - Y_t) + \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta^d Y_{t-i} - \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \sum_{i=1}^q \beta_i \Delta^d X_{t-i} + \varepsilon_t$$

Donde el principal supuesto para la estimación es que  $Y_t$  sea una variable exógena a  $X_t$ , lo cual permite que al modelo ARIMA estándar se incorpore la variable  $X_t$ , como explicativa, para los fines de este documento, el precio del petróleo y los anuncios de descubrimientos de petróleo cumplen con este supuesto, pues las dos variables pueden afectar a la tasa de cambio colombiana, pero la tasa de cambio, dado que Colombia es una pequeña economía abierta, no afecta los movimientos del precio del petróleo, ni la distribución de los anuncios de hallazgos petroleros.

Los modelos VAR reducidos tienen la siguiente estructura (Enders, 2015):

$$Y_t = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a(1,1)_n Y_{t-n} + a(1,2)_n X_{t-n}) + \varepsilon_{Yt}$$

$$X_t = b_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a(2,1)_n Y_{t-n} + a(2,2)_n X_{t-n}) + \varepsilon_{Xt}$$

Donde  $\varepsilon_{Yt}$  y  $\varepsilon_{Xt}$  son choques o innovaciones en cada una de las variables, ruido blanco de forma individual y distribuidos conjuntamente normal  $N(0, \Sigma)$ . Esta forma reducida no modela relaciones de causalidad contemporáneas, para ello se requieren modelos estructurales<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> Existen dos formas de estimar modelos VAR, forma reducida (donde se pierde la simultaneidad) y los estructurales (los cuales cuentan con simultaneidad). Se estiman modelos VAR reducidos y no estructurales por dos razones:

1) No existen procedimientos basados en los datos mismos que guíen la selección de variables y rezagos que deben conservarse en los SVAR, ya que el análisis de causalidad en los SVAR depende exclusivamente de una teoría económica, que no siempre puede dar respuesta, o del conocimiento intuitivo institucional sobre las variables a trabajar. (Dae-Heum & David A., 2011). La falta de criterios para identificar cuáles son las variables causales, pone en duda la interpretación de los ejercicios de impulso-respuesta, pues no tiene sentido suponer que una variable “efecto” genera una “respuesta” que involucra a las variables “causa”.

2) La simultaneidad en el análisis mensual y diario, no cambia fundamentalmente las conclusiones sobre la velocidad de apreciación de la tasa de cambio ante un auge de recursos naturales.

Agradezco al Profesor Luis Lorente por el apoyo en la clarificación de esta nota.

## **2. Análisis de la velocidad de apreciación de la tasa de cambio en periodicidad diaria**

Este capítulo está compuesto de tres secciones: La primera presenta el modelo ARIMAX para la medir la relación de la tasa de cambio con el precio del petróleo, con énfasis en la temporalidad de la afectación; la segunda presenta la adición de los anuncios de descubrimientos de petróleo (2007 – 2014) en el análisis de medición de velocidad; la tercera presenta un análisis multivariado de la velocidad de respuesta de la tasa de cambio, incorporando variables control que muestran tener una relación con la de tasa de cambio de corto plazo en pequeñas economías abiertas.

### **2.1 Modelo ARIMAX 2000 – 2015 con precios del petróleo<sup>22</sup>**

El modelo ARIMAX para la tasa de cambio 2000– 2015<sup>23</sup> incorporando las variaciones del precio del petróleo y variables dicotómicas para modelar picos no explicados en los residuales (Ver Anexo C), permite observar cómo el precio del petróleo sí genera movimientos en términos de días sobre la tasa de cambio, empero, estos movimientos no tienen una direccionalidad expresa más allá del primer rezago, es decir, un día después

---

<sup>22</sup> En el anexo A y B se presentan los modelos auxiliares de construcción del modelo final que comprenden los periodos parciales 2000 – 2007 y 2008 – 2015, así como el análisis preliminar de las series de tasa de cambio y de precios del petróleo para el periodo 2000 – 2015.

<sup>23</sup> El modelo se indetermina con rezagos del precio del petróleo de más de 20 días hábiles, de modo que es un indicio que a nivel mensual los efectos tienen una dinámica propia independiente de la especulativa encontrada en las distintas ventanas diarias (Ver Anexos A, B y C).

del incremento en los precios del petróleo, de modo que el auge se estaría representando en la tasa de cambio en términos de días, y estos movimientos podrían ser puramente especulativos, dado que no se puede observar una persistencia más allá de un día después de incremento en los precios del petróleo.<sup>24</sup>

**Tabla 1** : Modelo ARIMAX 2000 – 2015 con precios del petróleo<sup>25</sup>

	<i>Variable</i>	<i>Coeff</i>	<i>Std Error</i>	<i>T-Stat</i>	<i>Signif</i>
1	CONSTANT	0.00	0.00	-0.01	1.00
2	MA{1}	0.22	0.02	14.16	0.00
3	MA{12}	0.04	0.02	2.43	0.02
4	MA{20}	0.06	0.02	4.10	0.00
5	N_DLX{0}	0.02	0.00	8.63	0.00
6	D_DLX{1}	-0.58	0.06	-9.31	0.00
7	N_DO{0}	0.02	0.00	43.13	0.00
8	N_DO{1}	-0.01	0.00	-12.18	0.00
9	N_DO{4}	0.01	0.00	12.59	0.00
10	N_DO{5}	-0.01	0.00	-12.30	0.00
11	D_DO{1}	0.84	0.06	12.93	0.00
12	D_DO{2}	-0.14	0.02	-6.47	0.00
13	D_DO{4}	-0.61	0.05	-11.49	0.00
14	D_DO{5}	0.69	0.06	11.18	0.00
15	D_DO{9}	0.10	0.02	5.79	0.00
16	N_DA{0}	-0.02	0.00	-41.54	0.00
17	N_DA{3}	-0.01	0.00	-24.21	0.00
18	N_DA{8}	0.00	0.00	-7.01	0.00
19	D_DA{1}	0.13	0.02	5.56	0.00
20	D_DA{3}	-0.82	0.03	-28.10	0.00
21	D_DA{4}	0.15	0.02	6.43	0.00
22	D_DA{8}	-0.18	0.03	-5.38	0.00
23	N_DB{0}	0.01	0.00	29.71	0.00
24	N_DB{1}	0.00	0.00	6.49	0.00
25	N_DF{0}	-0.01	0.00	-20.55	0.00
26	N_DF{1}	0.00	0.00	-4.46	0.00
27	N_DG{0}	0.01	0.00	5.84	0.00
28	N_DG{5}	0.01	0.00	4.45	0.00
29	N_DH{0}	-0.02	0.00	-6.68	0.00
30	N_DH{4}	-0.02	0.00	-6.96	0.00
31	D_DH{4}	-0.99	0.01	-89.41	0.00

<sup>24</sup> Para solucionar el problema de los picos no explicados en los residuales se incorporó una variable dicotómica que tomó el valor de 1 en tales picos mayores a dos desviaciones estándar y cero en cualquier otro valor.

<sup>25</sup> Todos los coeficientes que tienen una N en la nomenclatura corresponden a los rezagos de media móvil del modelo de transición, los que llevan una D a los rezagos autoregresivos de cada variable. En este sentido, el coeficiente D\_DLX{1} corresponde al primer rezago de la primera diferencia en logaritmos del precio del petróleo. Esta nomenclatura se utiliza a lo largo del document para todos los modelos ARIMAX.

---

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Se puede observar principalmente la significancia de los coeficientes correspondientes a las dummies, mostrando que tales variables, si recogen un efecto no incorporado en las variaciones del precio del petróleo. Sin embargo, al observar los supuestos de normalidad de los residuales (Anexo C) se puede observar como aún con la modelación mediante una variable dicotómica, el supuesto de normalidad no se cumple<sup>26</sup>. Es importante notar sin embargo, que después de la limpieza del ruido, el coeficiente que acompaña a las variaciones del petróleo tiene signo negativo, esto quiere decir, que en el periodo 2000 – 2015 un incremento de 1% en el precio del petróleo, generó *Ceteris Paribus* una apreciación de la tasa de cambio de 0,58%.

El precio del petróleo si tiene un efecto a nivel diario sobre la tasa de cambio<sup>27</sup>. No obstante, el efecto de un auge en la apreciación de la tasa de cambio no se evidencia a nivel diario en todos los modelos (Anexos A y B), esto, explicado por la no robustez de los coeficientes de los modelos estimados para explicar la tasa de cambio mediante las variaciones en el precio del petróleo salvo el modelo presentado con variables dicotómicas para modelar los residuales.

En la siguiente sección se presentará el modelo que incorpora la serie de descubrimientos petroleros en el periodo 2007 – 2014 para el cuál se procuró la información<sup>28</sup>. Se presentará el modelo de tasa de cambio como variable endógena, explicada por los precios del petróleo y por los descubrimientos que cumplió con los supuestos de no auto correlación y normalidad en la distribución de los residuales<sup>29</sup>.

---

<sup>26</sup> Este resultado probablemente tenga que ver con el comportamiento de la varianza a través de la muestra dada la periodicidad de los datos.

<sup>27</sup> En el análisis mensual se puede observar si existe una tendencia en el corto plazo explicada por el precio del petróleo o los descubrimientos de petróleo.

<sup>28</sup> Se tomaron anuncios de descubrimientos petroleros en el periodo 2007 – 2014 en los principales diarios económicos del país: La República, Portafolio, Dinero, El Tiempo y El Espectador.

<sup>29</sup> Para ver los modelos auxiliares de construcción ver el Anexo D.

## 2.2 Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa

El Modelo aquí presentado para el periodo 2007 – 2014 incorpora como variable explicativa adicional a las variaciones del precio del petróleo, los descubrimientos petroleros en prensa y variables dicotómicas en picos no explicados en los residuales<sup>30</sup>

Este modelo presenta un  $R^2$  más alto que los modelos auxiliares (69%) y cumple el supuesto de no auto correlación de los residuales (Ver Anexo F). Así mismo, la incorporación de las variables dicotómicas presenta coeficientes significativos (Coeficientes del 11 al 32). Los descubrimientos de petróleo vienen acompañados por un coeficiente con signo negativo, de modo que tales anuncios generaron apreciaciones en promedio de 0,96% una semana después del anuncio<sup>31</sup>. Empero, para las variaciones en el precio del petróleo, una vez se incorporaron los anuncios de descubrimientos, el signo del coeficiente cambió (Coeficiente 8) denotando una depreciación de 0,12% ante un incremento en el precio del petróleo de 1%.

**Tabla 2 :** Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa

	Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1	CONSTANT	0.00	0.00	0.41	0.68
2	AR{1}	0.18	0.02	7.51	0.00
3	AR{14}	0.06	0.02	2.56	0.01
4	AR{75}	-0.08	0.02	-3.30	0.00
5	MA{57}	0.05	0.02	2.11	0.03
6	N_DLX{0}	-0.00	0.00	-0.04	0.97
7	N_DLX{1}	-0.11	0.00	-23.80	0.00
8	D_DLX{1}	0.12	0.04	2.89	0.00
9	N_DOIL{0}	-0.00	0.00	-2.30	0.02
10	D_DOIL{5}	-0.96	0.03	-35.80	0.00
11	N_DO{0}	0.02	0.00	32.26	0.00

<sup>30</sup> Para solucionar el problema de normalidad, se incorporaron en el modelo *dummies* en las observaciones donde los residuales presentaban picos, particularmente durante el año 2008. Los resultados de tal modelación de los residuales pueden verse en el Anexo D.

<sup>31</sup> Coeficiente D\_DOIL{5}.

12	N_DO{5}	0.01	0.00	6.75	0.00
13	D_DO{5}	-0.76	0.08	-10.10	0.00
14	N_DA{0}	-0.02	0.00	-26.63	0.00
15	N_DA{1}	0.00	0.00	2.52	0.01
16	N_DA{3}	-0.01	0.00	-10.84	0.00
17	N_DA{4}	0.01	0.00	9.63	0.00
18	D_DA{1}	0.30	0.04	7.67	0.00
19	D_DA{3}	-0.47	0.03	-16.12	0.00
20	D_DA{4}	0.82	0.05	16.83	0.00
21	N_DB{0}	0.01	0.00	21.88	0.00
22	N_DB{1}	0.01	0.00	6.01	0.00
23	N_DB{2}	0.01	0.00	9.15	0.00
24	N_DB{3}	0.00	0.00	5.11	0.00
25	D_DB{1}	-0.43	0.09	-4.66	0.00
26	D_DB{2}	-0.84	0.09	-9.00	0.00
27	N_DC{0}	-0.01	0.00	-23.26	0.00
28	N_DC{1}	-0.01	0.00	-15.76	0.00
29	N_DC{3}	0.01	0.00	15.34	0.00
30	N_DC{4}	0.00	0.00	3.27	0.00
31	D_DC{1}	-0.80	0.03	-26.11	0.00
32	D_DC{3}	0.63	0.03	22.28	0.00

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Probablemente este resultado denote el carácter especulativo de la respuesta a nivel diario de la tasa de cambio ante las variaciones en el precio del petróleo. De este modo, en el periodo 2007 – 2014 los descubrimientos de petróleo generaron apreciaciones de la tasa de cambio en un lapso de una semana, mientras que el precio del petróleo a nivel diario tuvo impactos en la tasa de cambio pero sin una direccionalidad precisa dados los signos de los coeficientes estimados. La modelación de los datos de periodicidad mensual aportará conclusiones más certeras sobre de la persistencia y direccionalidad de la relación entre el precio del petróleo, la tasa de cambio y su velocidad de respuesta.

Del mismo modo existen variables como el riesgo país, y el diferencial de tasas de interés que teóricamente deberían tener injerencia en los movimientos de la tasa de cambio, la siguiente sección del análisis de periodicidad diaria presenta el modelo VAR construido para tal fin.

## 2.3 Modelo VAR de periodicidad diaria 2003 - 2015

Una vez identificada la relación entre los precios del petróleo y la tasa de cambio en el corto plazo (periodicidad diaria), se pueden incorporar al análisis, variables que tienen incidencia directa sobre la tasa de cambio como la dinámica de los volúmenes de

transacción de mercado (*order flow*)<sup>32</sup>, el riesgo país (EMBI índice JP Morgan Chase) o la tasa interbancaria de Colombia. No obstante la incorporación de estas variables exige otro método de estimación debido a que el supuesto de exogenidad de estas variables hacia la tasa de cambio no se cumple y los movimientos en la tasa de cambio no sólo son afectados por movimientos en las nuevas variables a incorporar, sino que estas variables se ven de una u otra forma afectadas por movimientos en la tasa de cambio. La dinámica del volumen de transacciones de divisas pueden cambiar según el nivel de la tasa de cambio de un día para otro, las tasas de rendimiento de los bonos soberanos denominados en dólares pueden verse afectadas por cambios en la tasa de cambio, y la tasa interbancaria puede tener incrementos o caídas según la liquidez del mercado cambiario, la cual se manifiesta en los precios según el escenario de abundancia o escasez.

La revisión de las series a utilizar para el periodo 2003 - 2015 con el fin de determinar la existencia de raíces unitarias y por consiguiente la necesidad de diferenciación para la modelación mediante vectores auto regresivos se hizo con la prueba Dickey Fuller Aumentada<sup>33</sup>. De este modo, como se puede comprobar en el Anexo G, las series son I (1) salvo el *order flow* y los descubrimientos petroleros en prensa.

En esta sección se presenta el modelo VAR para el periodo completo 2003 – 2015<sup>34</sup>. Se encuentra que la tasa interbancaria no tiene una significancia estadística en la explicación de las variaciones diarias en la tasa de cambio durante el periodo. Se puede observar que el modelo estimado con las variables: precio del petróleo, “*order flow*”, el riesgo país, y descubrimientos petroleros, cuenta con coeficientes significativos para explicar las

---

<sup>32</sup> El “*Order Flow*” se define en la literatura internacional como la diferencia entre el número de transacciones que inician mediante una oferta (en la jerga Colombiana ir en contra del “bid” o “pegarlo”), y aquellas transacciones que inician mediante una posición de demanda (“tomarlo”). De modo que esta medida recoge una direccionalidad del mercado, donde la hipótesis es que cuando hay más transacciones iniciadas por oferta que por demanda, el precio del activo tendería a bajar y viceversa.

<sup>33</sup> En el Anexo G se muestra la prueba Dickey Fuller para la versión de la variable que garantice la no existencia de raíz unitaria.

<sup>34</sup> La selección de rezagos al igual que las anteriores secciones se realizó con el criterio de normalidad y no auto correlación; se seleccionaron los rezagos suficientes para que los residuales cumplieran el supuesto de distribución normal y no auto correlación de los residuales. La cantidad óptima de rezagos fue de 20. La depuración de rezagos no se realizó descartando los coeficientes no significativos de las ecuaciones, debido a la sencilla razón que un coeficientes con cierto rezago puede ser importante para explicar a un par de variables pero las otras no, de modo que ese fue un criterio central para la selección y descarte de rezagos.



variaciones de corto plazo de la tasa de cambio en el periodo 2003 – 2015. El modelo no presenta auto correlación entre los residuales (Anexo G).

El modelo resultante fue el siguiente<sup>35</sup>:

**Tabla 3** : Test de Significancia Global con la Tasa de Cambio (DLY) como variable endógena

F-Tests		
Dependent Variable DLY		
Variable	F-Statistic	Signif
DLX	8.50	0.00
DLY	3.04	0.00
O	20.40	0.00
DLE	11.53	0.00
DOIL	2.02	0.00

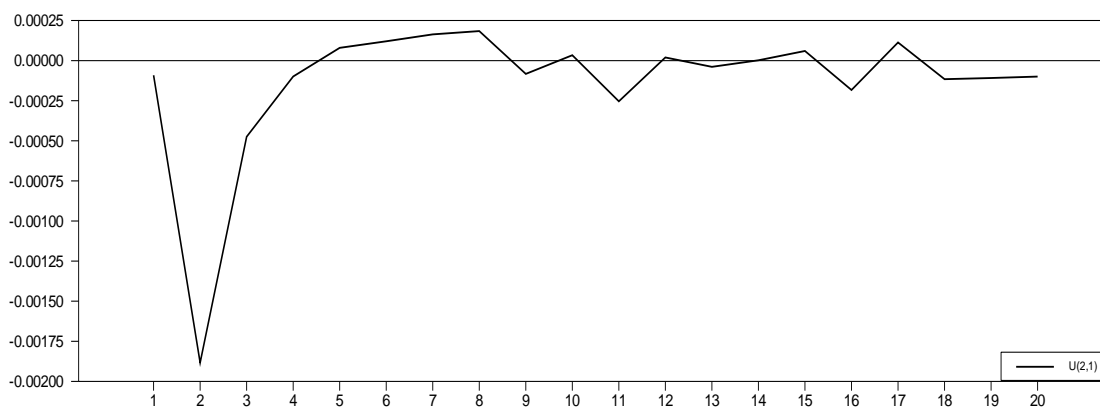
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Los impulso respuesta que pueden observar en los siguientes gráficos. Al igual que los ejercicios realizados para los anteriores periodos, muestran una respuesta en términos de días de la tasa de cambio de corto plazo frente a choques en las variables que acompañas al modelo (el precio del petróleo, el índice de riesgo país, el “*Order Flow*”, los descubrimientos petroleros).

Un choque de una desviación estándar en la variación del precio del petróleo en el periodo 2003 – 2015, produce una respuesta de apreciación del tipo de cambio en un espacio de dos días. En el quinto día después del choque el efecto se desvanece y se observan movimientos especulativos en la tasa de cambio, lo cual no permite observar si existe una direccionalidad en la respuesta de la tasa de cambio ante incrementos en el precio del petróleo, es decir, si existe una persistencia en términos de días en los niveles de la tasa de cambio. Este resultado sólo podrá evidenciarse en los modelos VAR de periodicidad mensual que cuentan con un horizonte más extenso.

<sup>35</sup> Dado que nuestra variable explicada de interés es la tasa de cambio, se presentan en el cuerpo del documento las pruebas de significancia conjunta para la tasa de cambio como variable explicada. En el anexo 3 se presentan los resultados completos del modelo VAR estimado incorporando todos los coeficientes y su significancia individual.

**Gráfico 1:** Impulso Respuesta de la tasa de cambio frente a choque en precio del petróleo 2003 - 2015

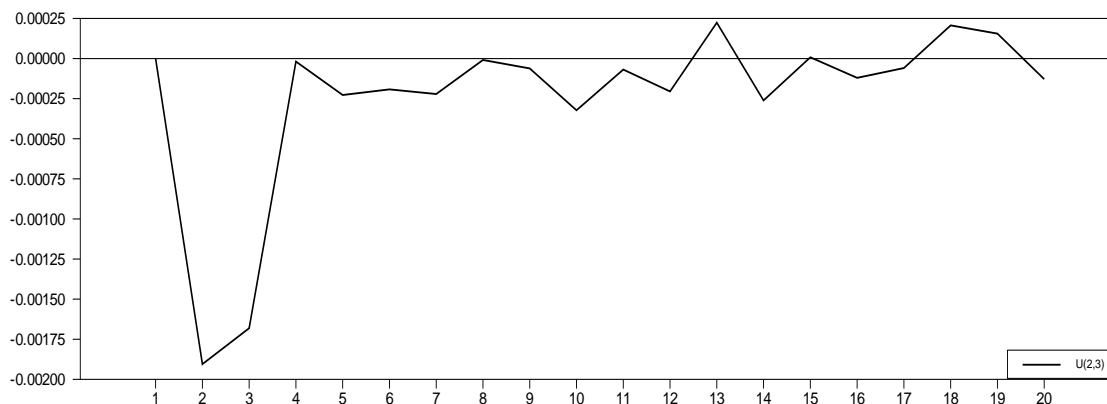


Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

La respuesta de la tasa de cambio ante un choque positivo en el “*Order Flow*”, es decir, un número de transacciones iniciadas por oferta superiores a las iniciadas por una demanda el día del choque, es una apreciación de la tasa de cambio dada una sobreoferta temporal de divisas. El efecto al parecer se desvanece levemente después del cuarto día del choque, y en el periodo 2009 – 2015 no parece generar depreciaciones leves con objetivo especulativo<sup>36</sup>. Lo importante de este resultado es encontrar una respuesta en términos de días de la tasa de cambio ante el “*Order Flow*”, sin embargo, este “*Order Flow*” recoge parte del choque en precios del petróleo, lo cual se observará en el siguiente impulso respuesta.

**Gráfico 2 :** Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “*Order Flow*” 2003 - 2015

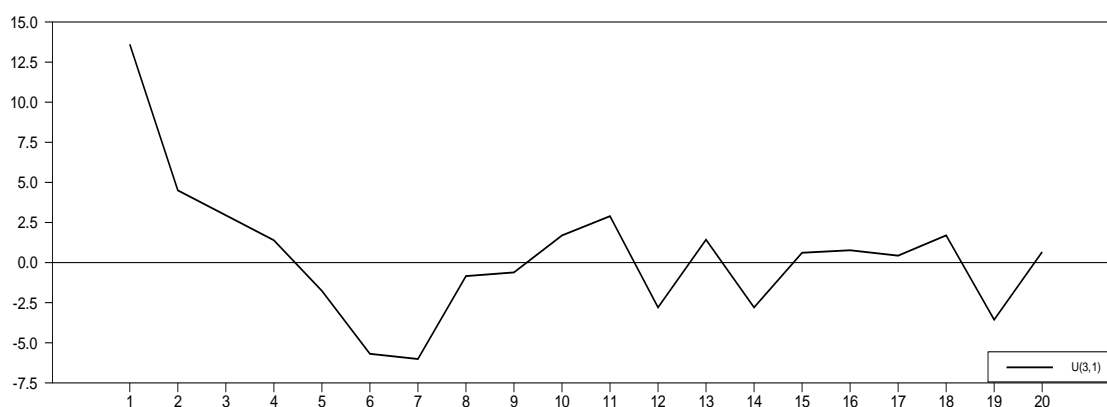
<sup>36</sup> Ver Anexo I, sección 3.



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

No obstante, analizando la respuesta del “*Order Flow*” ante un choque en el precio del petróleo, se encuentra que el *order flow* toma un valor positivo el día del incremento en el precio del petróleo, sin embargo, al cabo de cinco días el efecto se disipa y se producen leves movimientos oscilantes. El resultado clave de este hecho, así como en la ventanas anteriores, es que una parte del choque petrolero se traspasa a la tasa de cambio vía cambios en el “*Order Flow*”<sup>37</sup>, y que los precios de petróleo producen una sobreoferta de cantidades de divisas en el corto plazo.

**Gráfico 3 :** Impulso respuesta del “*Order Flow*” frente a choque en Precio del Petróleo” 2003 - 2015

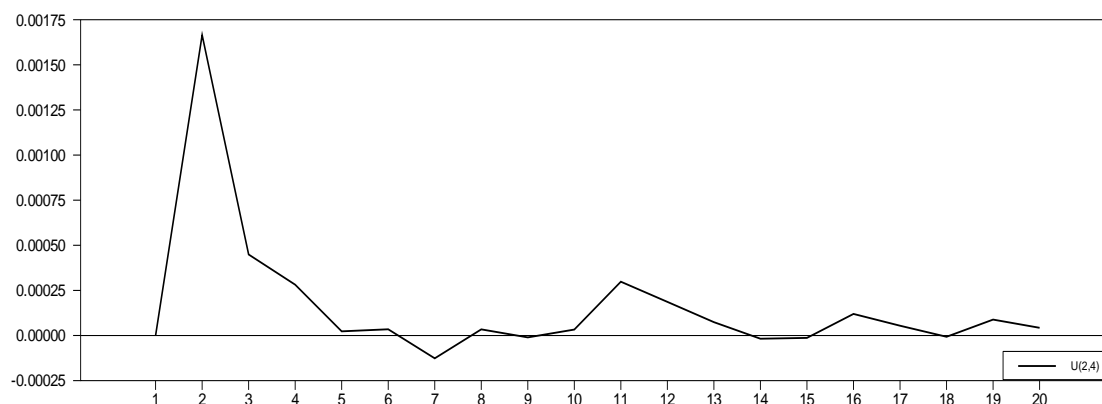


Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

<sup>37</sup> Este resultado consiste en evidencia a favor de la literatura reciente que posiciona los volúmenes tranzados como una determinante de las tasa de cambio en el corto plazo.

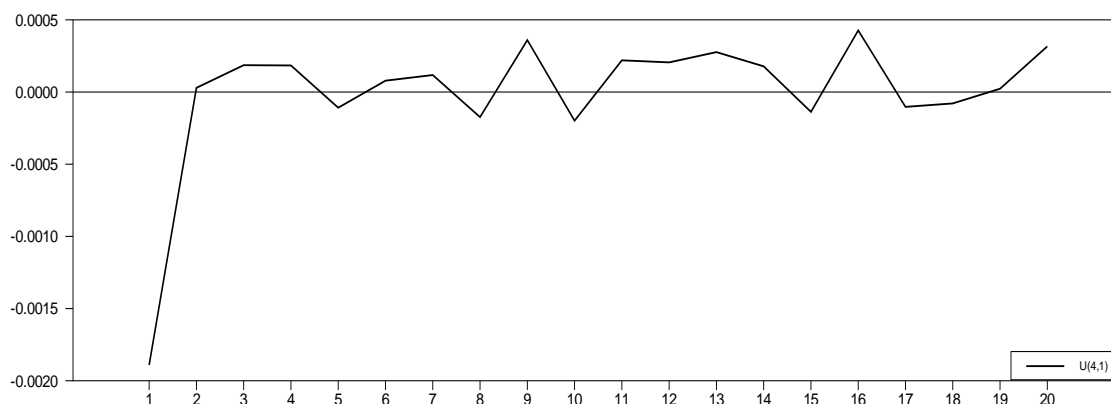
Igualmente, en el siguiente gráfico se puede observar la respuesta de la tasa de cambio ante un deterioro de la percepción de sostenibilidad de la deuda soberana (un choque positivo en el índice EMBI). Ante tal choque, se presenta un proceso de depreciación el día siguiente del choque, no obstante el choque se desvanece después del cuarto día al igual que en los modelos parciales (2003 a 2008 y 2009 a 2015). Si el choque fuera una reducción del índice de riesgo país, el efecto sería simétrico en dirección opuesta.

**Gráfico 4 :** Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “Riesgo País”



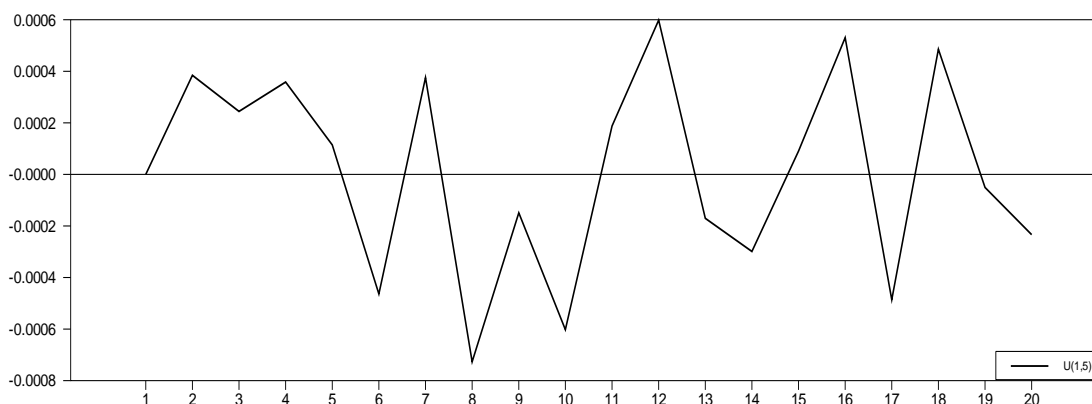
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

El índice de riesgo país (EMBI) al igual que el *order flow*, traspasan una parte del choque en precios del petróleo a la tasa de cambio. En la siguiente gráfica se observa la respuesta del EMBI ante un choque positivo en el precio del petróleo. En concordancia con lo observado en las ventanas diarias parciales, el aumento el precio del petróleo, disminuye el riesgo país, probablemente por la expectativa de mayores ingresos en el mediano plazo, empero, *Ceteris Paribus* el efecto del choque se desvanece al segundo día.

**Gráfico 5 : Respuesta del Riesgo País frente a choque en precio del petróleo 2003 - 2015**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Finalmente el modelo estimado muestra cómo un descubrimiento petrolero en el periodo 2003 - 2015, genera movimientos en la tasa de cambio, sin embargo, tales movimientos no presentan una direccionalidad precisa. Probablemente, tal comportamiento se deba a la expectativa de mayores entradas de divisas al país por concepto de las mayores ventas futuras de crudo por un lado, y por otra parte, a la demanda de divisas que genera a su vez la demanda de bienes de capital para hacer frente a la extracción del crudo hallado. A pesar de la no direccionalidad, es importante notar la significancia de los descubrimientos en los movimientos de la tasa de cambio, empero, no se puede concluir que a nivel diario los descubrimientos petroleros generen instantáneamente una apreciación del tipo de cambio, lo cual sí se observa con un auge vía precios en el modelo multivariado.

**Gráfico 6 : Respuesta de la Tasa de Cambio frente a un descubrimiento petroleros en el periodo 2003 - 2015**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Con estos resultados, al igual que en los periodos parciales de periodicidad diaria (Anexo H), se podría decir que para el periodo 2003 – 2015, la tasa de cambio si respondió ante cambios en los precios del petróleo con apreciaciones en término de dos días, no obstante, el efecto no guarda una direccionalidad precisa en términos diarios cuando el auge se mide vía cantidades, es decir, no es posible observar una persistencia hacia la apreciación frente a los descubrimientos de petróleo con periodicidad diaria. Así mismo, se observa que las variables *order flow* e índice riesgo país traspasan una parte del incremento en precios a la tasa de cambio. La tasa de cambio no muestra una respuesta estadísticamente significativa ante los movimientos de la tasa interbancaria. En síntesis, en términos diarios, los movimientos hacia la apreciación de la tasa de cambio de Colombia fueron guiados por los movimientos de los precios del petróleo, con un papel importante del *order flow* y del índice de riesgo país. Los descubrimientos petroleros tuvieron influencia en los movimientos de la tasa de cambio, aunque sin una direccionalidad precisa.

### 3. Análisis de la velocidad de apreciación de la tasa de cambio en periodicidad mensual

Este capítulo está compuesto de tres partes: La primera presenta el modelo ARIMAX para datos mensuales para la tasa de cambio con el precio del petróleo como variable exógena explicativa de sus movimientos; la segunda presenta la adición de los anuncios de descubrimientos de petróleo (2007 – 2014) en el análisis mensual de medición de velocidad; la tercera presenta un análisis mensual multivariado de la velocidad de respuesta de la tasa de cambio, incorporando variables control que muestran tener una relación con la de tasa de cambio de corto plazo en pequeñas economías abiertas.

#### 3.1 Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2008 – 2015

El modelo mensual de 2000 – 2015 que incorpora el precio del petróleo como variable explicativa presentó problemas de normalidad al igual que el modelo 2008- 2015, de modo que se incorporaron variables *dummies* para recoger los picos no explicados en los residuales. Se puede observar cómo el coeficiente 5 presenta una respuesta de la tasa de cambio ante variaciones en el precio del petróleo en el segundo mes después del choque. Se tiene que un incremento de 1% en los precios del petróleo, genera una apreciación promedio de 0,99% en la tasa de cambio. Esta respuesta según el modelo estimado se da después de dos meses durante el periodo 2000 – 2015.

**Tabla 4 :** Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2008 – 2015

	Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1	CONSTANT	0.00	0.00	-1.29	0.20
2	AR{16}	-0.17	0.08	-2.15	0.03
3	MA{1}	0.44	0.07	6.02	0.00
4	N_DLX{0}	0.01	0.01	0.98	0.33
5	D_DLX{2}	-0.99	0.04	-24.68	0.00

6	N_DO{0}	0.08	0.01	9.68	0.00
7	N_DO{4}	0.06	0.01	6.77	0.00
8	N_DO{5}	0.03	0.01	4.73	0.00
9	D_DO{1}	0.49	0.03	16.44	0.00
10	D_DO{4}	-0.73	0.03	-29.16	0.00
11	N_DA{0}	-0.06	0.01	-4.47	0.00
12	D_DA{1}	0.52	0.09	5.66	0.00
13	D_DA{2}	-0.73	0.10	-6.98	0.00

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Este modelo cumple los supuestos de no auto correlación, y de normalidad en los residuales tal y como se puede observar en el Anexo J.

### 3.2 Modelo VAR de periodicidad mensual 2003 – 2015

Una vez identificada la velocidad de respuesta a nivel diario de la tasa de cambio incorporando los precios del petróleo, el *order flow*, la tasa interbancaria, el índice de riesgo país y los descubrimientos de petróleo con la tasa de cambio con periodicidad diaria, es importante evaluar la persistencia de esta respuesta, es decir, si esta respuesta en verdad se traduce en una apreciación de la tasa de cambio, y si lo hace en qué horizonte temporal se puede observar una direccionalidad precisa de la tasa de cambio.

Se presenta el análisis preliminar de las series para determinar su estacionariedad y por consiguiente la necesidad de diferenciación para garantizar la modelación de la velocidad de apreciación de la tasa de cambio en el periodo 2003 – 2015 con datos mensuales (Anexo L).

En esta sección se presenta el modelo VAR para el periodo completo 2003 – 2015 con datos mensuales, la selección de rezagos al igual que las anteriores secciones se realizó con el criterio de normalidad y no auto correlación; se seleccionaron los rezagos suficientes para que los residuales cumplieran el supuesto de no auto correlación entre los residuales<sup>38</sup>. Mediante esta metodología se encontró que la balanza cambiaria, el EMBI y

<sup>38</sup> La cantidad óptima de rezagos fue de 3. La depuración de rezagos no se realizó descatando los coeficientes no significativos de las ecuaciones, debido a la sencilla razón que un coeficientes con cierto rezago puede ser importante para explicar a un par de variables pero las otras no, de modo que ese fue un criterio central para la selección y descarte de rezagos.



la tasa interbancaria no presentan una significancia estadística en la explicación de las variaciones mensuales en la tasa de cambio durante el periodo 2003 - 2015. Se puede observar que el modelo estimado con las variables: tasa de cambio, precio del petróleo y *order flow*, cuenta con coeficientes significativos para explicar las variaciones mensuales de la tasa de cambio en el periodo 2003 – 2015. El modelo no presenta auto correlación entre los residuales.

El modelo resultante fue el siguiente<sup>39</sup>:

**Tabla 5** : Modelo VAR de periodicidad mensual 2003 – 2015<sup>40</sup>

F-Tests		
Dependent Variable DLY		
Variable	F-Statistic	Signif
DLX	3.195	0.0256016
DLY	4.3357	0.0059424
O	6.686	0.0003039

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Los ejercicios de impulso respuesta para analizar la velocidad de apreciación con periodicidad mensual, se pueden observar en los siguientes gráficos.

Al igual que los ejercicios realizados para los anteriores ejercicios, se observa una respuesta de la tasa de cambio en el mismo mes en que se genera el choque, y con un horizonte más amplio, se puede observar que el choque en precios del petróleo, si tiene un efecto durante los tres meses siguientes en la apreciación de la tasa de cambio. Un choque de una desviación estándar en la variación del precio del petróleo en el periodo 2003 – 2015 produce apreciación del tipo de cambio en el mismo mes del choque, donde se puede decir, que el proceso de apreciación se consolida antes de que lleguen los

<sup>39</sup> Dado que nuestra variable explicada de interés es la tasa de cambio, se presentan en el cuerpo del documento las pruebas de significancia conjunta para la tasa de cambio como variable explicada. En el anexo 3 se presentan los resultados completos del modelo VAR estimado incorporando todos los coeficientes y su significancia individual.

<sup>40</sup> DLX: Primera diferencia del logaritmo del precio del petróleo

DLY: Primera diferencia del logaritmo de la tasa de cambio.

O: “*Order Flow*”

DLE: Primera diferencia del logaritmo del índice EMBI (Riesgo País).

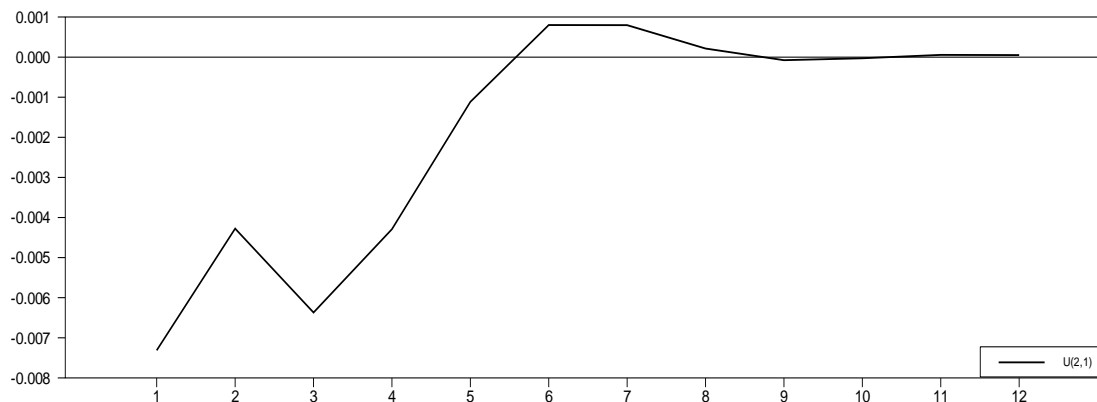
DLT: Primera diferencia del logaritmo de la tasa interbancaria.

DOIL: Descubrimientos petroleros.

B: Balanza Cambiaria

dólares correspondientes a las ventas correspondientes al nuevo precio. En el sexto mes el efecto se desvanece, no obstante la apreciación de los seis meses anteriores se puede interpretar como una persistencia del efecto del precio del petróleo sobre la cotización de las divisas.

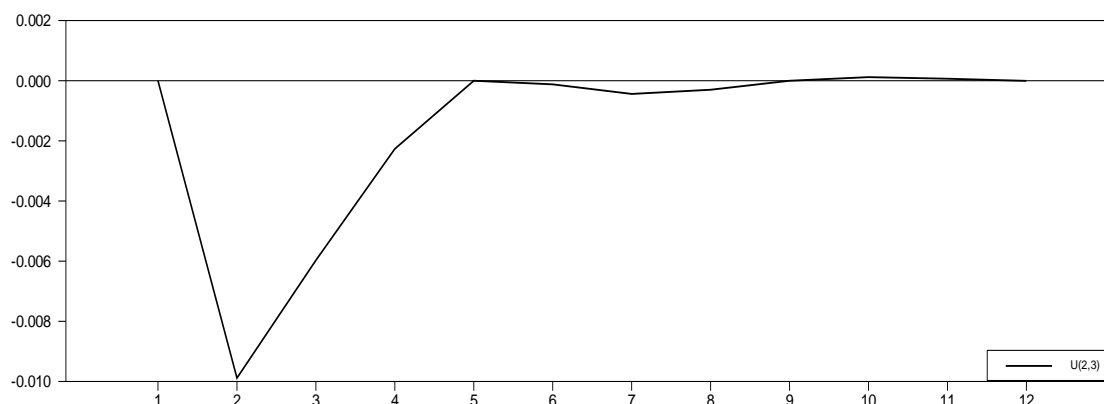
**Gráfico 7 :** Impulso Respuesta de la tasa de cambio frente a choque en precio del petróleo 2003 – 2015 (Datos Mensuales)



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

La respuesta de la tasa de cambio mensual ante un choque positivo en el “*Order Flow*”, es decir, un número de transacciones iniciadas por oferta superiores a las iniciadas por una demanda el mes del choque, es una apreciación en el mes siguiente del choque dada una sobreoferta de divisas durante el mes. El efecto se desvanece en el cuarto mes, cuando se puede deducir ya se ha producido una apreciación significativa de la tasa de cambio. En este ejercicio también se puede observar una persistencia del efecto del choque sobre la tasa de cambio.

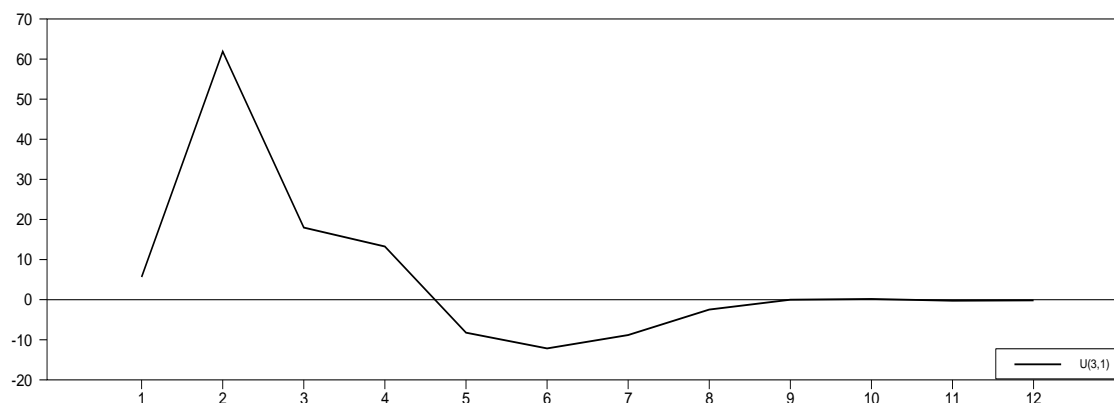
**Gráfico 8 :** Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “*Order Flow*” 2003 – 2015 (Datos Mensuales)



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Sin embargo, en el siguiente gráfico se analiza la respuesta del “*Order Flow*” ante un choque en el precio del petróleo, se encuentra que el *order flow* toma un valor positivo en el mes siguiente al incremento en el precio del petróleo. Esto puede significar que el mes siguiente al choque, se observa un incremento en las cantidades tranzadas iniciadas por una oferta, de modo que en el mes siguiente y hasta el cuarto mes, la entrada efectiva de dólares y la expectativa de mayor flujo de dólares hacen que la tasa de cambio se aprecie meses después del incremento en precios. El resultado clave de este hecho, así como en la ventanas anteriores, es que una parte del choque petrolero se traspasa a la tasa de cambio vía cambios en el “*Order Flow*”, y que los precios de petróleo producen una sobreoferta de cantidades de divisas en promedio durante los siguientes tres meses.

**Gráfico 9 :** Impulso respuesta del “*Order Flow*” frente a choque en Precio del Petróleo” 2003 – 2015 (Datos Mensuales)



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Con estos resultados, complementando de periodicidad diaria, se podría decir que para el periodo 2003 – 2015, la tasa de cambio si respondió ante cambios en los precios del petróleo con apreciaciones persistentes en términos de meses después de los incrementos de los precios. El análisis del nivel mensual nos permite concluir que el efecto guarda una direccionalidad precisa en una temporalidad mensual. De igual forma, se observa que la variable *order flow* traspasa una parte del incremento en precios a la tasa de cambio también de forma persistente. La tasa de cambio no mostró una respuesta estadísticamente significativa ante los movimientos de la tasa interbancaria, el riesgo país y la balanza cambiaria, de modo que en el nivel mensual la entrada contemporánea de dólares no tiene un efecto significativo en los movimientos de la tasa de cambio, principalmente porque tales movimientos se anticipan antes que entren los dólares vía las cantidades tranzadas en el mes en que se presentan los incrementos en precios.

En síntesis, en términos mensuales, los movimientos hacia la apreciación de la tasa de cambio de Colombia fueron guiados por los movimientos de los precios del petróleo, con un papel importante del *order flow* y con una direccionalidad precisa y una respuesta en el mismo mes del choque, antes de la entrada efectiva de los ingresos por tales ventas en la balanza cambiaria.

## Conclusiones

El ejercicio que se realizó en este trabajo permitió encontrar un resultado clave, encaminado a comprender cuál es la velocidad de respuesta de la apreciación de la tasa de cambio de Colombia en un escenario de auge de recursos naturales en el periodo 2000 – 2015 con el petróleo como variable proxy del comportamiento de las materias primas exportables y beneficiadas por los altos niveles de demanda internacional en el periodo de análisis.

Se estimaron modelos ARIMAX y VAR para analizar con periodicidad diaria y mensual las relaciones y respuestas de la tasa de cambio ante cambios en variables afectadas por el auge y otras variables que han sido ampliamente referidas en el ámbito internacional (Andersen, 2003). El objetivo principal fue observar si el precio del petróleo y los descubrimientos petroleros generaron un movimiento de periodicidad diaria y mensual sobre la tasa de cambio, cuál fue la velocidad de reacción de la tasa de cambio, y si este movimiento presentó una direccionalidad precisa.

Para los ejercicios en el periodo 2000 - 2015 de periodicidad diaria se observó que el precio del petróleo sí generó movimientos en términos de días sobre la tasa de cambio, precisamente en el primer día después del choque con una apreciación de 0,58% ante un incremento de 1% en la cotización del crudo, de modo que el auge se estaría representando en la tasa de cambio en el término de un día.

En el periodo 2007 – 2014 los descubrimientos de petróleo generaron a nivel apreciaciones de la tasa de cambio en un lapso de una semana, mientras que el precio del petróleo a nivel diario tuvo impactos de más corto plazo en la tasa de cambio.

Al estimar los modelos multiecuacionales de Vectores Auto Regresivos (VAR) con datos diarios, se encontró que los ejercicios de impulso respuesta mostraron una respuesta en términos de dos días de la tasa de cambio de corto plazo frente a un incremento en una desviación estándar de la variación del precio del petróleo. La respuesta inicial es una apreciación, y consistentemente con los modelos ARIMAX de periodicidad diaria de las secciones anteriores, la direccionalidad en el tiempo es definida, y la respuesta se da en el día siguiente al choque, de modo que es posible observar una respuesta hacia la apreciación frente incrementos en el precio del petróleo con periodicidad diaria y ante los descubrimientos petroleros<sup>41</sup>. Así mismo, se observó consistentemente con la literatura internacional que las variables *order flow* e índice riesgo país, traspasan una parte del incremento en precios a la tasa de cambio.

A nivel mensual, se observó una apreciación de la tasa de cambio acumulada de -1,36% ante un incremento de los precios del petróleo de 1%, en un plazo de cuatro meses, esta apreciación acumulada en el nivel mensual se evidencia discriminada por meses en 0,24% después de dos meses, 0,23% en el tercer mes después del incremento de los precios del petróleo, y finalmente un 0,90% después de cuatro meses del choque inicial. Este análisis de datos, consistente con la periodicidad diaria, mostró una direccionalidad precisa en el efecto de las variaciones en el precio del petróleo en la tasa de cambio.

La modelación VAR de periodicidad mensual en el periodo 2003 – 2015, permitió calcular que un choque de una desviación estándar en la variación del precio del petróleo, produjo apreciación del tipo de cambio en el mismo mes del choque, de donde se puede deducir que el proceso de apreciación se consolida antes de que lleguen los dólares correspondientes a las ventas correspondientes al nuevo precio dado que la balanza cambiaria no tuvo una significancia estadística en las variaciones de la tasa de cambio. El análisis del nivel mensual nos permite concluir que el efecto guarda una direccionalidad precisa en una temporalidad mensual. De igual forma, se observa que la variable *order flow* traspasa una parte del incremento en precios a la tasa de cambio también de forma persistente en el nivel mensual.

---

<sup>41</sup> De 2009 a 2015, los movimientos del auge del petróleo en Colombia fueron principalmente guiados por los cambios en las cotizaciones internacionales del crudo.

La tasa de cambio no mostró una respuesta estadísticamente significativa ante los movimientos de la balanza cambiaria, de modo que en el nivel mensual la entrada contemporánea de dólares no tiene un efecto significativo en los movimientos de la tasa de cambio, principalmente porque tales movimientos se anticipan antes que entren los dólares vía las cantidades tranzadas en el mes en que se presentan los incrementos en precios, teniendo el 60% del efecto en el día posterior al incremento de los precios del petróleo. Este hecho lleva a concluir necesariamente que la política económica tiene menor tiempo del que usualmente se piensa para reaccionar ante un auge de recursos naturales en precios. En cantidades, el efecto se diluye en el término de un mes, mostrando una mayor incertidumbre del mercado hacia los anuncios de descubrimientos petroleros.

En síntesis, en términos mensuales, los movimientos hacia la apreciación de la tasa de cambio de Colombia fueron guiados por los movimientos de los precios del petróleo, con un papel importante del *order flow* y con una direccionalidad precisa y una respuesta en el mismo mes del choque, antes de la entrada efectiva de los ingresos por tales ventas en la balanza cambiaria.





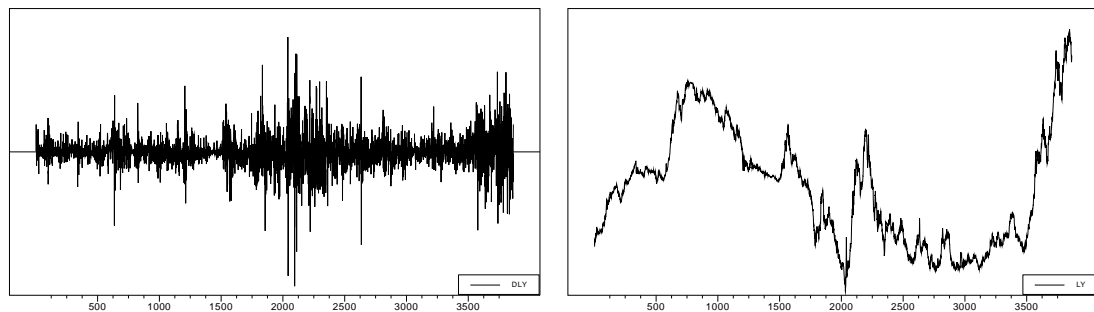
## Anexos

### A. Modelos ARIMAX de Periodicidad Diaria Auxiliares (2000-2007) (2008-2015) y análisis de series 2000 - 2015

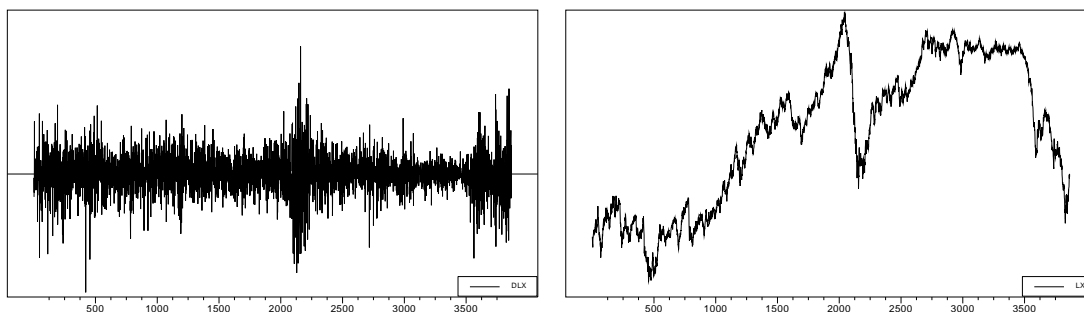
#### A.1. Análisis series Modelo ARIMAX para tasa de cambio y precios del petróleo 2000 – 2015

Las series de tasa de cambio y de precio del petróleo para el periodo completo 2000 – 2015 son I (1).

**Gráfico 10 :** Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

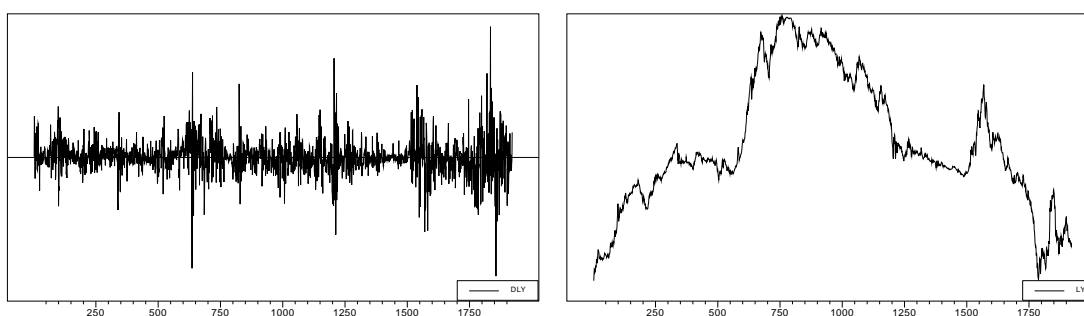
**Gráfico 11 : Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

En la gráfica con la muestra completa se puede observar que durante el primer periodo la relación entre las dos variables no parece muy clara, sin embargo, después de 2008, es fácil ver una relación simétrica e inversamente proporcional entre la tasa de cambio pesos por dólar y el precio del petróleo.

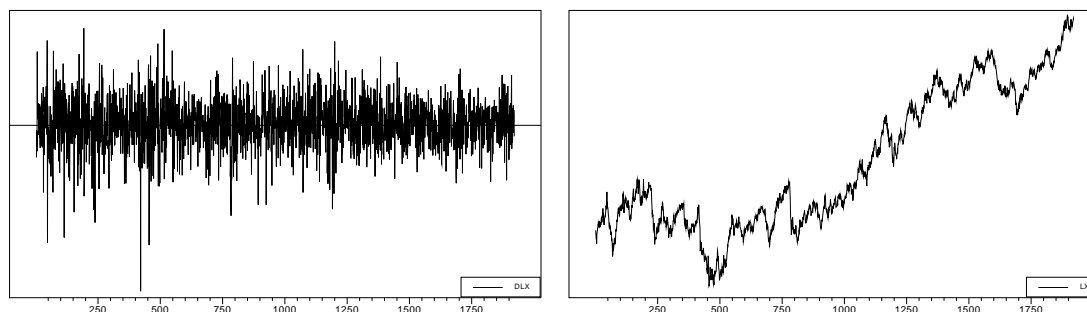
## A.2. Ventana Diaria 2000 – 2007<sup>42</sup>

Tanto la tasa de cambio como el precio del petróleo referencial BRENT en el periodo 2000 – 2007 son I (1) como se puede observar en los siguientes gráficos donde se presentan las variables en logaritmo de los niveles, y en primeras diferencias:

**Gráfico 12 : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2007**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

<sup>42</sup> La variable tasas de cambio será identificada con la letra "Y", su logaritmo natural "LY" y la diferencia de su logaritmo natural "DLY", La variable precio del petróleo será identificada con la letra "X", su logaritmo natural "LX", y la diferencia de su logaritmo natural "DLX".

**Gráfico 13 :** Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2007

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

### A.3. Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2000 - 2007

A continuación se presenta el modelo ARIMA estimado para la tasa de cambio nominal con datos diarios para llevar a cabo el primer paso en la construcción del modelo ARIMAX.

**Tabla 6 :** Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2000 - 2007

Modelo 1 ARIMA TRM 2000 – 2007 DATOS DIARIOS
Rezagos AR (9, 12, 26, 62, 66, 72) DLY
Rezagos MA (1, 33, 81) DLY
DIFFS (1)

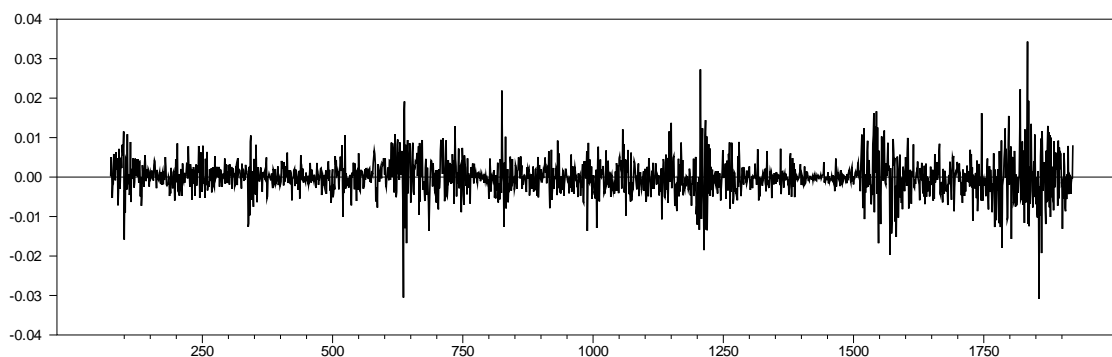
Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton	
Convergence in	9 Iterations. Final criterion was 0.0000054 <= 0.0000100
Dependent Variable DLY	
Usable Observations	1848
Degrees of Freedom	1838
Centered R^2	0.0756932
R-Bar^2	0.0711672
Uncentered R^2	0.0756938
Mean of Dependent Variable	0.0000038959
Std Error of Dependent Variable	0.0048711805
Standard Error of Estimate	0.0046946475
Sum of Squared Residuals	0.0405089966
Log Likelihood	7290.5572
Durbin-Watson Statistic	2.0246
Q(36-9)	24.0111
Significance Level of Q	0.6297007

Variable	Coeff	Std	Error	T-Stat	Signif
1	CONSTANT	0.00	0.00	0.04	0.97
2	AR{9}	0.10	0.02	4.27	0.00

3	AR{12}	0.10	0.02	4.41	0.00
4	AR{26}	-0.05	0.02	-2.33	0.02
5	AR{62}	-0.05	0.02	-2.30	0.02
6	AR{66}	0.06	0.02	2.48	0.01
7	AR{72}	-0.06	0.02	-2.59	0.01
8	MA{1}	0.22	0.02	9.82	0.00
9	MA{33}	-0.07	0.02	-3.00	0.00
10	MA{81}	0.06	0.02	2.43	0.02

Fuente: Cálculos del autor con software RATS 8.0

Este modelo es puramente de base, sobre este se debe incorporar el precio del petróleo como variable exógena. Sin embargo, a pesar de la significancia de todos los coeficientes y del cumplimiento de no auto correlación entre los residuales del modelo, el supuesto de normalidad de la distribución de los residuales no se cumple. La gráfica de los residuales y la prueba Jarque-Bera se pueden observar a continuación:

**Gráfico 14 :** Residuales Modelo 1 ARIMA (TRM) 2000 - 2007

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 7 :** Estadísticos de los Residuales del Modelo 1

Statistics on Series RES			
Observations	1848		
Sample Mean	-0.000000	Variance	0.000022
Standard Error	0.004683	SE of Sample Mean	0.000109
t-Statistic (Mean=0)	-0.002584	Signif Level (Mean=0)	0.997939
Skewness	0.108665	Signif Level (Sk=0)	0.056714
Kurtosis (excess)	5.885851	Signif Level (Ku=0)	0.000000
Jarque-Bera	2671.166935	Signif Level (JB=0)	0.000000

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Siguiendo la metodología planteada al inicio del capítulo, se continúa en el siguiente modelo con la incorporación de la variación del precio del petróleo como variable explicativa, en aras de identificar si las variaciones del precio del petróleo, tienen impacto sobre los movimientos de la tasa de cambio, y sobre el comportamiento de la distribución de los residuales.

#### A.4. Modelo 2 ARIMAX para Tasa de Cambio 2000 – 2007 incorporando las variaciones del precio del petróleo

Se presenta a continuación, el modelo resultante después de utilizar el método de ensayo y error<sup>43</sup> con la incorporación de los rezagos del precio del petróleo en el modelo anterior:

**Tabla 8** : Modelo 2 ARIMAX para Tasa de Cambio 2000 – 2007 incorporando las variaciones del precio del petróleo

<b>MODELO 2 ARIMAX TRM – P-OIL 2000 – 2007 DATOS DIARIOS</b>	
Rezagos AR de TRM (9,12,26,62,66,72) DLY	
Rezagos MA de TRM (1,33,81) DLY	
Rezagos AR de P-OIL (3,6,9) DLX	
Rezagos MA de P-OIL (7) DLX	
DIFFS (1)	
Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton	
Convergence in 32 Iterations. Final criterion was 0.0000000 <= 0.0000100	
Dependent Variable DLY	
Usable Observations	1841
Degrees of Freedom	1826
Centered R <sup>2</sup>	0.0845562
R-Bar <sup>2</sup>	0.0775374
Uncentered R <sup>2</sup>	0.0845562
Mean of Dependent Variable	0.0000007522
Std Error of Dependent Variable	0.0048761105
Standard Error of Estimate	0.0046832561
Sum of Squared Residuals	0.0400494532
Log Likelihood	7269.9501
Durbin-Watson Statistic	2.0218
Q(36-9)	22.8490
Significance Level of Q	0.6930969

Variable	Coeff	Std	Error	T-Stat	Signif
1	CONSTANT	0.00	0.00	0.01	0.99
2	AR{9}	0.10	0.02	4.26	0.00
3	AR{12}	0.10	0.02	4.44	0.00
4	AR{26}	-0.05	0.02	-2.32	0.02
5	AR{62}	-0.06	0.02	-2.51	0.01
6	AR{66}	0.07	0.02	2.81	0.01
7	AR{72}	-0.06	0.02	-2.38	0.02
8	MA{1}	0.22	0.02	9.75	0.00
9	MA{33}	-0.07	0.02	-2.85	0.00
10	MA{81}	0.06	0.02	2.47	0.01
11	N_DLX{0}	0.00	0.00	-0.85	0.39
12	N_DLX{7}	0.00	0.00	2.33	0.02
13	D_DLX{3}	2.68	0.16	17.13	0.00

<sup>43</sup> Precisamente, se incorporan rezagos correspondientes a un mes, y a partir de tal modelo se depuran los coeficientes con base en el criterio de significancia estadística.

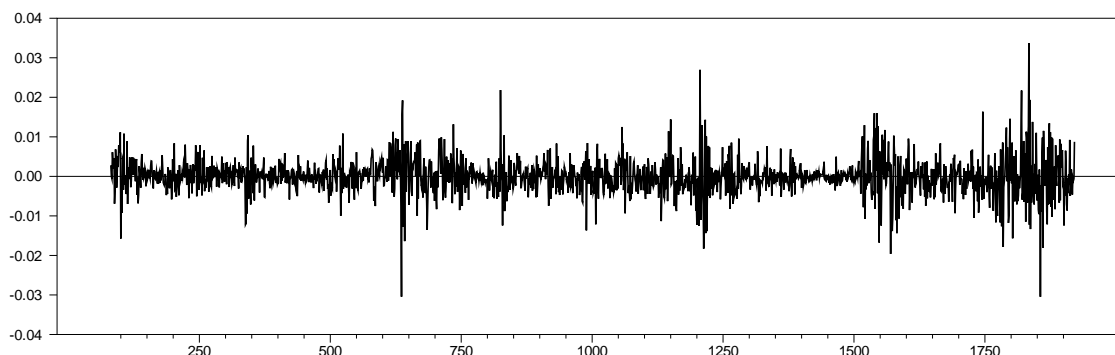
<b>14</b>	D_DLX{6}	-2.55	0.29	-8.80	0.00
<b>15</b>	D_DLX{9}	0.84	0.16	5.33	0.00

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

En el periodo 2000 -2007, el precio del petróleo generó movimientos de la tasa de cambio en un plazo de tres a nueve días en promedio, esto quiere decir, que la tasa de cambio si responde ante los movimientos del precio del petróleo, pero con un lógica especulativa en mercado cambiario. La velocidad de apreciación, (no sólo la generación de una respuesta), es decir, la persistencia de un nivel menor de tasa de cambio ante un incremento en los precios internacionales en el periodo 2000 – 2007 no se aprecia en esta periodicidad.

Al igual que en el modelo 1, a pesar de la significancia de todos los coeficientes y de la no auto correlación entre los residuales del modelo, el supuesto de normalidad de la distribución de los residuales no se cumple. La gráfica de los residuales y la prueba Jarque-Bera se pueden observar a continuación:

**Gráfico 15 :** Residuales Modelo 2 ARIMAX (trm y poil) 2000 - 2007



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 9 :** Estadísticos de los Residuales del Modelo 2

Statistics on Series RES			
<b>Observations</b>	<b>1841</b>		
<b>Sample Mean</b>	<b>-0.000001</b>	<b>Variance</b>	<b>0.000022</b>
<b>Standard Error</b>	<b>0.004665</b>	<b>SE of Sample Mean</b>	<b>0.000109</b>
<b>t-Statistic (Mean=0)</b>	<b>-0.013024</b>	<b>Signif Level (Mean=0)</b>	<b>0.989610</b>
<b>Skewness</b>	<b>0.114352</b>	<b>Signif Level (Sk=0)</b>	<b>0.045346</b>
<b>Kurtosis (excess)</b>	<b>5.720446</b>	<b>Signif Level (Ku=0)</b>	<b>0.000000</b>
<b>Jarque-Bera</b>	<b>2514.177784</b>	<b>Signif Level (JB=0)</b>	<b>0.000000</b>

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Los picos en los residuales, son movimientos en la tasa de cambio que no se explican ni por su propio pasado, ni por las variaciones del precio del petróleo. Como no se tienen datos de los descubrimientos petroleros en el periodo 2000 – 2007, estos pueden ser una posible explicación a estos movimientos en la tasa de cambio. No obstante, dados los resultados del modelo 2, es evidente que en el rompecabezas de explicar la velocidad de

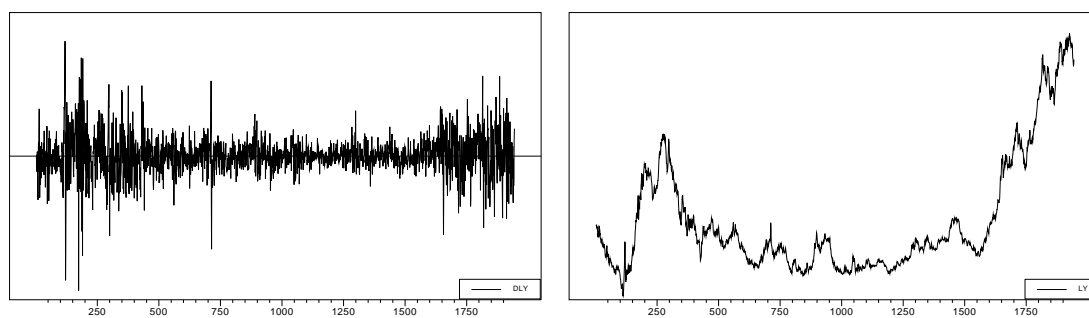
apreciación de la tasa de cambio nominal ante un auge en precios, hacen falta variables determinantes de la tasa de cambio como el riesgo país, las tasas de interés, el volumen de transacciones y todos los elementos que afecten la naturaleza de este mercado en el corto plazo.<sup>44</sup>

A continuación se prosigue con la estimación de los modelos para el periodo 2008 – 2015 con el fin de comparar los resultados encontrados con periodicidad diaria entre 2000 y 2007

### A.5. Ventana Diaria 2008 - 2015

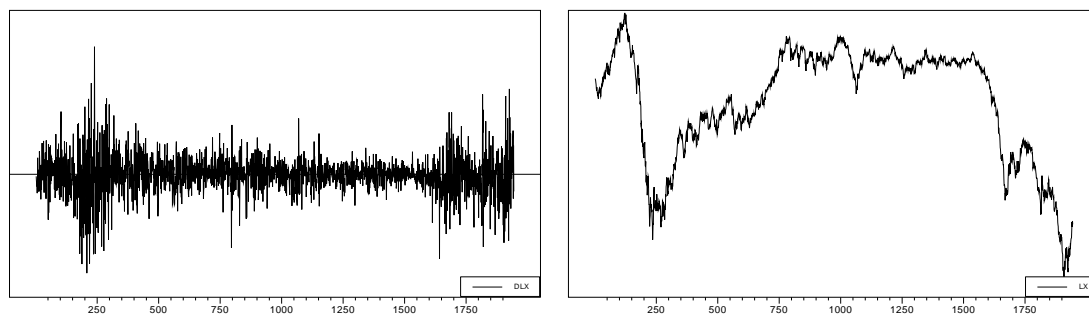
Al igual que el periodo 2000 – 2007, tanto la tasa de cambio como el precio del petróleo referencial BRENT en el periodo 2008 – 2015 son I (1) como se puede observar en los siguientes gráficos:

**Gráfico 16 :** Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2008 - 2015



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Gráfico 17 :** Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2008 - 2015



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

<sup>44</sup> El modelo que incorpora estas variables será abordado en un capítulo posterior.

## A.6. Modelo 3 ARIMA para Tasa de Cambio 2008 – 2015

A continuación se estima el modelo ARIMA para la tasa de cambio nominal con datos diarios replicando el método utilizado para el periodo anterior.

**Tabla 10 :** Modelo 3 ARIMA para Tasa de Cambio 2008 – 2015

MODELO 3 ARIMA TRM 2008 – 2015 DATOS DIARIOS	
Rezagos AR (1, 3, 51, 52, 75, 77) DLY	
Rezagos MA (20, 57) DLY	
DIFFS (1)	

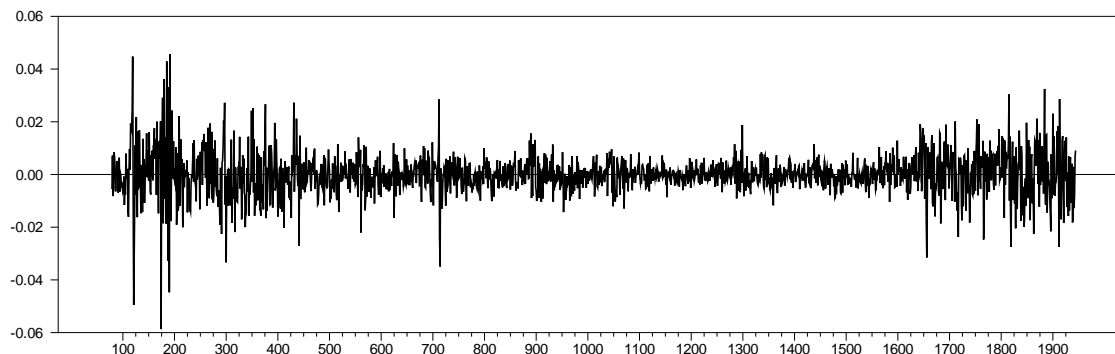
Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton	
Convergence in	8 Iterations. Final criterion was 0.0000052 <= 0.0000100
Dependent Variable DLY	
Usable Observations	1866
Degrees of Freedom	1857
Centered R^2	0.0477368
R-Bar^2	0.0436345
Uncentered R^2	0.0491254
Mean of Dependent Variable	0.0003145106
Std Error of Dependent Variable	0.0082324916
Standard Error of Estimate	0.0080508782
Sum of Squared Residuals	0.1203644995
Log Likelihood	6354.5753
Durbin-Watson Statistic	2.0065
Q(36-8)	38.5431
Significance Level of Q	0.0885556

	Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
1	CONSTANT	0.00	0.00	0.00	1.29	0.20
2	AR{1}	0.18	0.02	7.68	7.68	0.00
3	AR{3}	-0.05	0.02	-2.13	-2.13	0.03
4	AR{51}	-0.05	0.02	-2.17	-2.17	0.03
5	AR{52}	0.06	0.02	2.41	2.41	0.02
6	AR{75}	-0.05	0.02	-2.23	-2.23	0.03
7	AR{77}	0.06	0.02	2.51	2.51	0.01
8	MA{20}	0.06	0.02	2.59	2.59	0.01
9	MA{57}	0.05	0.02	2.22	2.22	0.03

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Al igual que en el modelo 1 y 2 de periodicidad diaria a pesar del cumplimiento de no auto correlación entre los residuales del modelo y la significancia, el supuesto de normalidad de la distribución de los residuales no se cumple. La gráfica de los residuales y la prueba Jarque-Bera se pueden observar a continuación:



**Gráfico 18 : Residuales Modelo 3 ARIMA (trm y poil) 2008 - 2015**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 11 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 3**

Statistics on Series RES			
Observations	1866		
Sample Mean	0.000001	Variance	0.000065
Standard Error	0.008034	SE of Sample Mean	0.000186
t-Statistic (Mean=0)	0.006900	Signif Level (Mean=0)	0.994496
Skewness	-0.054137	Signif Level (Sk=0)	0.340113
Kurtosis (excess)	5.773555	Signif Level (Ku=0)	0.000000
Jarque-Bera	2592.624715	Signif Level (JB=0)	0.000000

Fuente: Cálculos del autor con software RATS 8.0

A continuación se presenta el modelo para el periodo 2008 – 2015 con datos diarios, incorporando el precio del petróleo como variable exógena para observar la temporalidad de respuesta de la tasa de cambio.

### **A.7. Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2008– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo**

La estimación del modelo 4 se fundamenta en incorporar al modelo 3 estimado en la sección anterior, la variable exógena de precios del petróleo. El modelo resultante después de utilizar el método de ensayo y error con los rezagos del precio del petróleo:

**Tabla 12 : Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2008– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo**

MODELO 4 ARIMAX TRM – P-OIL 2000 – 2007 DATOS DIARIOS
Rezagos AR de TRM (1,3, 51, 52, 75, 77) DLY
Rezagos MA de TRM (20 57) DLY
Rezagos AR de P-OIL (1, 2, 5) DLX
Rezagos MA de P-OIL (1, 2, 6, 7) DLX
DIFFS (1)
Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton

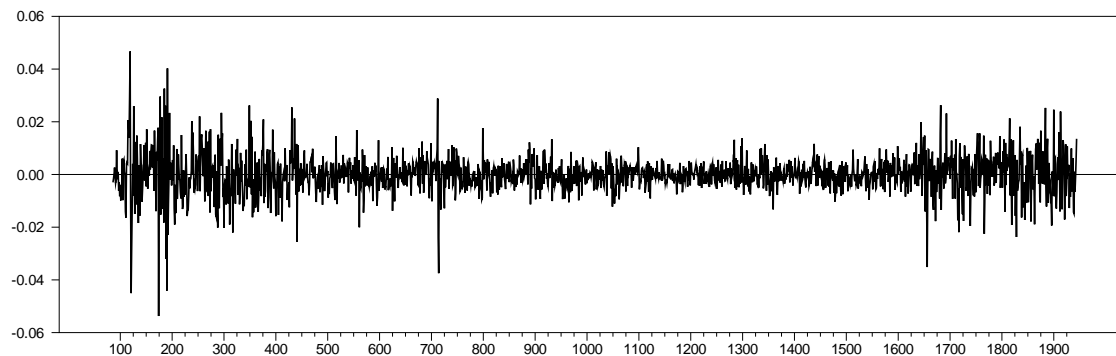
<b>Convergence in 18 Iterations. Final criterion was 0.0000054 &lt;= 0.0000100</b>	
<b>Dependent Variable DLY</b>	
<b>Usable Observations</b>	<b>1859</b>
<b>Degrees of Freedom</b>	<b>1842</b>
<b>Centered R^2</b>	<b>0.1946009</b>
<b>R-Bar^2</b>	<b>0.1876050</b>
<b>Uncentered R^2</b>	<b>0.1957427</b>
<b>Mean of Dependent Variable</b>	<b>0.0003102950</b>
<b>Std Error of Dependent Variable</b>	<b>0.0082373922</b>
<b>Standard Error of Estimate</b>	<b>0.0074246051</b>
<b>Sum of Squared Residuals</b>	<b>0.1015398098</b>
<b>Log Likelihood</b>	<b>6485.3272</b>
<b>Durbin-Watson Statistic</b>	<b>2.0064</b>
<b>Q(36-8)</b>	<b>34.5325</b>
<b>Significance Level of Q</b>	<b>0.1838878</b>

	<b>Variable</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>T-Stat</b>	<b>Signif</b>	
<b>1</b>	CONSTANT	0.00	0.00	0.00	0.99	0.32
<b>2</b>	AR{1}	0.17	0.02	7.34	0.00	
<b>3</b>	AR{3}	-0.05	0.02	-2.04	0.04	
<b>4</b>	AR{51}	-0.08	0.02	-3.42	0.00	
<b>5</b>	AR{52}	0.05	0.02	1.96	0.05	
<b>6</b>	AR{75}	-0.05	0.02	-2.03	0.04	
<b>7</b>	AR{77}	0.07	0.02	2.80	0.01	
<b>8</b>	MA{20}	0.06	0.02	2.55	0.01	
<b>9</b>	MA{57}	0.07	0.02	3.13	0.00	
<b>10</b>	N_DLX{0}	0.01	0.01	0.99	0.32	
<b>11</b>	N_DLX{1}	-0.12	0.01	-14.15	0.00	
<b>12</b>	N_DLX{2}	-0.11	0.01	-14.63	0.00	
<b>13</b>	N_DLX{6}	0.08	0.01	9.70	0.00	
<b>14</b>	N_DLX{7}	0.04	0.01	4.73	0.00	
<b>15</b>	D_DLX{1}	-0.54	0.05	-10.44	0.00	
<b>16</b>	D_DLX{2}	0.29	0.05	5.89	0.00	
<b>17</b>	D_DLX{5}	0.52	0.03	20.36	0.00	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Durante el periodo 2008 – 2015, se puede observar una respuesta promedio de la tasa de cambio en términos de uno a cinco días. Sin embargo, la direccionalidad de la respuesta no es precisa.

El cumplimiento del supuesto no auto correlación entre los residuales del modelo y la significancia estadística se pueden observar en la tabla anterior. No obstante, así como en los anteriores modelos de periodicidad diaria, el supuesto de normalidad de la distribución de los residuales no se cumple. La gráfica de los residuales y la prueba Jarque-Bera se pueden observar a continuación:

**Gráfico 19 : Residuales Modelo ARIMAX (trm y poil) 2008 – 2015**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 13 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX (trm y poil) 2008 – 2015**

Statistics on Series RES			
Observations	1859		
Sample Mean	0.000003	Variance	0.000055
Standard Error	0.007393	SE of Sample Mean	0.000171
t-Statistic (Mean=0)	0.018311	Signif Level (Mean=0)	0.985393
Skewness	-0.152076	Signif Level (Sk=0)	0.007480
Kurtosis (excess)	6.001588	Signif Level (Ku=0)	0.000000
Jarque-Bera	2797.141384	Signif Level (JB=0)	0.000000

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

De igual manera que el análisis del periodo 2000 – 2007, aparecen picos en los residuales que debieron ser modelados con dummies. A diferencia del periodo anterior, para el lapso 2008 – 2015 si se tienen datos sobre noticias de descubrimientos, de modo que se puede comprobar si en esos picos, hubo descubrimientos, o eventos especiales que produjeran los movimientos no explicados por el precio del petróleo.

## B. Modelos Auxiliares de Análisis del Periodo 2000 - 2015

### B.1. Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2000– 2015

A continuación se estima el modelo ARIMA para la tasa de cambio nominal con datos diarios desde 2000 hasta 2015.

**Tabla 14 :** Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2000– 2015

<b>MODELO 5 ARIMA TRM 2008 – 2015 DATOS DIARIOS</b>
<b>AR (9,14,18,65,75,93,124)</b>
<b>MA (1,9,10,12,18,20,57,93,106,114,119,124)</b>
<b>DIFFS (1)</b>

<b>Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton</b>	
<b>Convergence in 24 Iterations. Final criterion was 0.0000067 &lt;= 0.0000100</b>	
<b>Dependent Variable DLY</b>	
<b>Usable Observations</b>	<b>3740</b>
<b>Degrees of Freedom</b>	<b>3720</b>
<b>Centered R^2</b>	<b>0.0577165</b>
<b>R-Bar^2</b>	<b>0.0529038</b>
<b>Uncentered R^2</b>	<b>0.0579436</b>
<b>Mean of Dependent Variable</b>	<b>0.0001055736</b>
<b>Std Error of Dependent Variable</b>	<b>0.0068013097</b>
<b>Standard Error of Estimate</b>	<b>0.0066189575</b>
<b>Sum of Squared Residuals</b>	<b>0.1629754283</b>
<b>Log Likelihood</b>	<b>13469.8338</b>
<b>Durbin-Watson Statistic</b>	<b>1.9905</b>
<b>Q(36-19)</b>	<b>28.8201</b>
<b>Significance Level of Q</b>	<b>0.0362214</b>

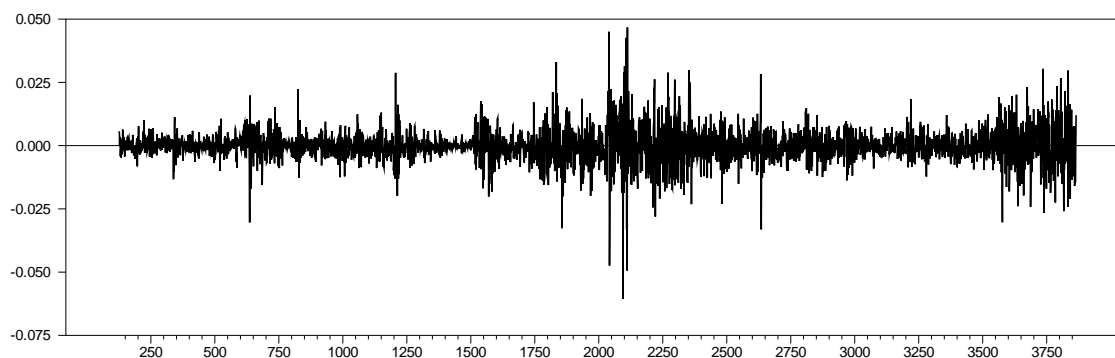
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
1	CONSTANT	0.00	0.00	0.64	0.52
2	AR{9}	-0.16	0.08	-2.18	0.03
3	AR{14}	0.04	0.02	2.97	0.00
4	AR{18}	0.23	0.06	3.83	0.00
5	AR{65}	-0.04	0.02	-2.68	0.01
6	AR{75}	-0.05	0.02	-3.04	0.00
7	AR{93}	0.20	0.05	3.73	0.00
8	AR{124}	-0.21	0.05	-3.89	0.00
9	MA{1}	0.17	0.02	11.12	0.00
10	MA{9}	0.20	0.08	2.65	0.01
11	MA{10}	0.07	0.02	3.27	0.00
12	MA{12}	0.05	0.01	3.24	0.00
13	MA{18}	-0.18	0.06	-2.97	0.00
14	MA{20}	0.05	0.02	3.57	0.00
15	MA{57}	0.05	0.02	3.30	0.00
16	MA{93}	-0.16	0.05	-2.99	0.00
17	MA{106}	0.05	0.02	3.04	0.00

<b>18</b>	MA{114}	0.07	0.02	4.29	0.00
<b>19</b>	MA{119}	0.05	0.02	3.02	0.00
<b>20</b>	MA{124}	0.19	0.05	3.50	0.00

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

No obstante, este modelo no cumple el supuesto de no auto correlación de los residuales. Esto se debe principalmente a la periodicidad de los datos (diaria) y a la longitud de la serie 3.740 datos para el periodo 2000 – 2015. De igual forma el modelo no cumple los supuestos de normalidad como se puede observar en el gráfico de los residuales y en la prueba Jarque-Bera. Los picos observados en los residuales (Gráfico 20) en el periodo intermedio y en el periodo final de la serie, probablemente son eventos como descubrimientos petroleros, noticias y de otra índole que generaron movimientos en la tasa de cambio no explicados por la dinámica misma de la tasa de cambio. La periodicidad diaria tiene particularidades que en una ventana de tal extensión son de difícil captura, de modo que se procederá a modelar tales eventos con variables dicotómicas.

**Gráfico 20 :** Residuales Modelo ARIMA (trm) 2008 - 2015



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 15 :** Estadísticos de los Residuales del Modelo

Statistics on Series RES			
<b>Observations</b>	<b>3740</b>		
<b>Sample Mean</b>	<b>-0.000003</b>	<b>Variance</b>	<b>0.000044</b>
<b>Standard Error</b>	<b>0.006602</b>	<b>SE of Sample Mean</b>	<b>0.000108</b>
<b>t-Statistic (Mean=0)</b>	<b>-0.029045</b>	<b>Signif Level (Mean=0)</b>	<b>0.976830</b>
<b>Skewness</b>	<b>-0.058000</b>	<b>Signif Level (Sk=0)</b>	<b>0.147761</b>
<b>Kurtosis (excess)</b>	<b>7.830157</b>	<b>Signif Level (Ku=0)</b>	<b>0.000000</b>
<b>Jarque-Bera</b>	<b>9556.449414</b>	<b>Signif Level (JB=0)</b>	<b>0.000000</b>

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Lo importante de este ejercicio es tener un modelo ARIMA para la tasa de cambio, y poder incorporar a este modelo la variable precio del petróleo, principalmente para observar si el precio del petróleo genera un movimiento de periodicidad diaria sobre la tasa de cambio. Para los ejercicios en los periodos 2000 – 2007, y 2008 – 2015 se ha observado que el precio del petróleo sí genera movimientos en términos de días sobre la tasa de cambio, empero, estos movimientos no tienen una direccionalidad expresa, de modo que el auge

no se estaría representando en la tasa de cambio en términos de días, y estos movimientos serían puramente especulativos.

Para solucionar el problema de los picos no explicados de los residuales se incorpora en el modelo el precio del petróleo como variable exógena explicativa de las variaciones de la tasa de cambio, y posteriormente se construye una variable que tome el valor de uno en caso que el valor absoluto del residual para la observación respectiva sea mayor a dos veces la desviación estándar de la serie de residuales.

## B.2. Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2000– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo

El siguiente modelo 6 es el resultante de incorporar al modelo 5 ARIMA de periodicidad diaria 2000 - 2015 la variable precio del petróleo. La incorporación del precio del petróleo soluciona parcialmente el incumplimiento de los supuestos; por una parte, se cumple el supuesto de no auto correlación de los residuales, empero, la no normalidad de los residuales es una constante y se espera resolver con la incorporación de la variable dicotómica en el modelo 7.

**Tabla 16 :** Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2000– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo

MODELO 6 ARIMAX TRM – P-Oil - 2000 – 2015 DATOS DIARIOS
AR de TRM (18,65,93,124)
MA de TRM (1,10,12,20,57,114,124)
AR de P-Oil (1,4)
MA de P-Oil (1)
DIFFS (1)

### Salidas del modelo 6 (ARIMAX TRM – P-Oil)

Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton	
Convergence in	11 Iterations. Final criterion was 0.0000072 <= 0.0000100
Dependent Variable DLY	
Usable Observations	3739
Degrees of Freedom	3723
Centered R <sup>2</sup>	0.1082848
R-Bar <sup>2</sup>	0.1046921
Uncentered R <sup>2</sup>	0.1084936
Mean of Dependent Variable	0.0001040657
Std Error of Dependent Variable	0.0068015941
Standard Error of Estimate	0.0064357168
Sum of Squared Residuals	0.1542008939
Log Likelihood	13569.1964
Durbin-Watson Statistic	1.9931
Q(36-11)	37.6483
Significance Level of Q	0.0500462

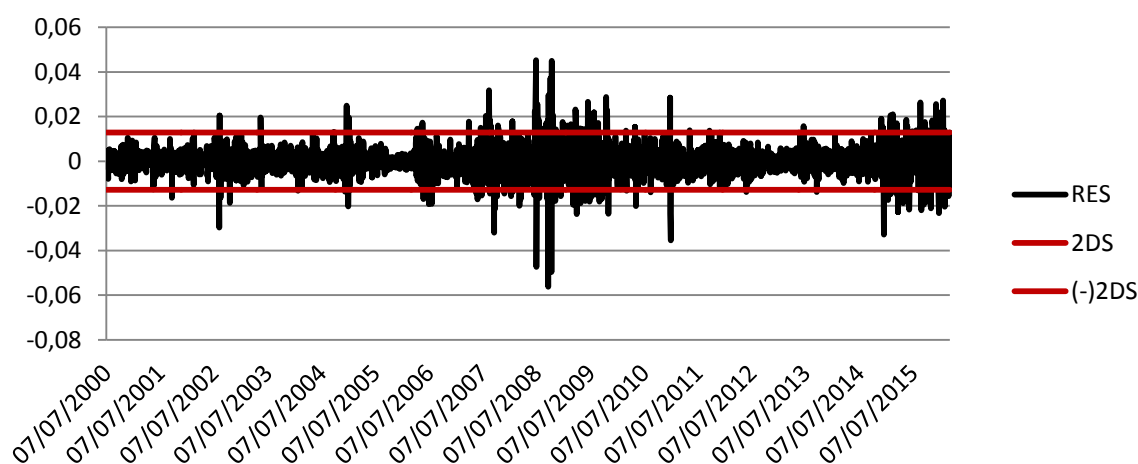
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. CONSTANT	0.00	0.00	0.82	0.41
2. AR{18}	0.04	0.02	2.21	0.03
3. AR{65}	-0.05	0.02	-2.93	0.00
4. AR{93}	0.05	0.02	2.76	0.01
5. AR{124}	-0.18	0.06	-2.91	0.00
6. MA{1}	0.17	0.02	10.48	0.00
7. MA{10}	0.05	0.02	3.06	0.00
8. MA{12}	0.04	0.02	2.72	0.01
9. MA{20}	0.05	0.02	3.04	0.00
10. MA{57}	0.05	0.02	3.32	0.00
11. MA{114}	0.05	0.02	3.17	0.00
12. MA{124}	0.17	0.06	2.72	0.01
13. N_DLX{0}	0.00	0.00	0.78	0.43
14. N_DLX{1}	-0.07	0.00	-15.70	0.00
15. D_DLX{1}	0.30	0.06	5.26	0.00
16. D_DLX{4}	-0.12	0.06	-2.02	0.04

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Así como en los modelos anteriores, los residuales no cumplen el supuesto de normalidad y tienen la misma forma del modelo sin el precio del petróleo. Con este escenario se modelarán las observaciones que se encuentran por encima y por debajo de las líneas rojas del Gráfico 21 que muestra el residual del modelo para la TRM incorporando el petróleo para el periodo 2000-2015.

**Gráfico 21** : Residuales del modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2000– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo y observaciones a modelar con variable dicotómica



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 17 :** Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2000– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo

<b>Statistics on Series RES</b>			
<b>Observations</b>	<b>3740</b>		
<b>Sample Mean</b>	<b>-0.000003</b>	<b>Variance</b>	<b>0.000044</b>
<b>Standard Error</b>	<b>0.006602</b>	<b>SE of Sample Mean</b>	<b>0.000108</b>
<b>t-Statistic (Mean=0)</b>	<b>-0.029045</b>	<b>Signif Level (Mean=0)</b>	<b>0.976830</b>
<b>Skewness</b>	<b>-0.058000</b>	<b>Signif Level (Sk=0)</b>	<b>0.147761</b>
<b>Kurtosis (excess)</b>	<b>7.830157</b>	<b>Signif Level (Ku=0)</b>	<b>0.000000</b>
<b>Jarque-Bera</b>	<b>9556.449414</b>	<b>Signif Level (JB=0)</b>	<b>0.000000</b>

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0



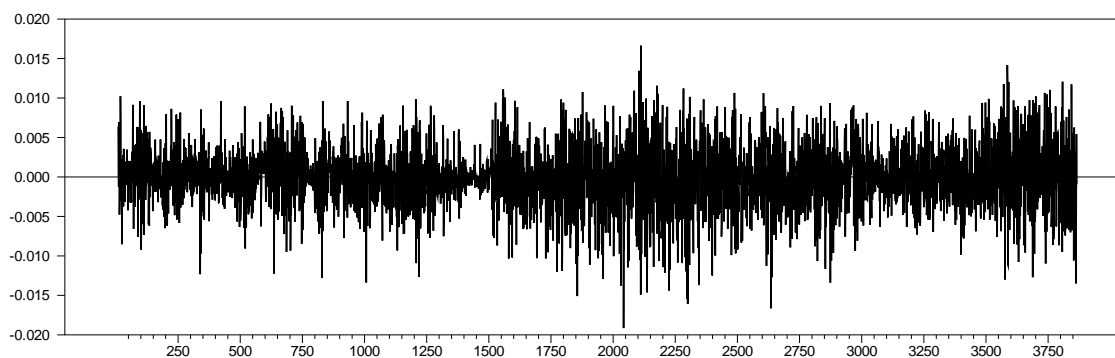
## C. Supuestos del Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2000– 2015 incorporando las variaciones del precio del petróleo y variables dicotómicas

**Tabla 18 :** Rezagos Modelo ARIMAX para tasa de cambio 2000-2015 incorporando variaciones del precio del petróleo y variables dicotómicas

<b>MODELO ARIMAX TRM – P-Oil - Dummy 2000 – 2015 DATOS DIARIOS</b>
AR de TRM (0)
MA de TRM (1,12,20)
AR de P-Oil (1)
MA de P-Oil (0)
AR de Dummy 1 (1,2,4,5,9)
MA de Dummy 1 (1,4,5)
AR de Dummy 2 (1,3,4,8)
MA de Dummy 2 (3,8)
AR de Dummy 3 (0)
MA de Dummy 3 (1)
AR de Dummy 4 (0)
MA de Dummy 4 (1)
AR de Dummy 5 (0)
MA de Dummy 5 (5)
AR de Dummy 6 (4)
MA de Dummy 6 (4)
<b>DIFFS (1)</b>

**Tabla 19 :** Estadísticos

<b>Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton</b>	
<b>Convergence in 44 Iterations. Final criterion was 0.0000097 &lt;= 0.0000100</b>	
<b>Dependent Variable DLY</b>	
<b>Usable Observations</b>	<b>3857</b>
<b>Degrees of Freedom</b>	<b>3826</b>
<b>Centered R^2</b>	<b>0.6285650</b>
<b>R-Bar^2</b>	<b>0.6256525</b>
<b>Uncentered R^2</b>	<b>0.6287116</b>
<b>Mean of Dependent Variable</b>	<b>0.0001339281</b>
<b>Std Error of Dependent Variable</b>	<b>0.0067411775</b>
<b>Standard Error of Estimate</b>	<b>0.0041245182</b>
<b>Sum of Squared Residuals</b>	<b>0.0650865738</b>
<b>Log Likelihood</b>	<b>15720.7557</b>
<b>Durbin-Watson Statistic</b>	<b>2.0047</b>
<b>Q(36-3)</b>	<b>42.1382</b>
<b>Significance Level of Q</b>	<b>0.1323085</b>

**Gráfico 22 : Residuales Modelo 7 ARIMAX (trm – P-Oil - Dummy) 2008 – 2015**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 20 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 7 ARIMAX (trm – P-Oil - Dummy) 2008 – 2015**

Statistics on Series RES2			
Observations	3857		
Sample Mean	-0.000001	Variance	0.000017
Standard Error	0.004108	SE of Sample Mean	0.000066
t-Statistic (Mean=0)	-0.012644	Signif Level (Mean=0)	0.989913
Skewness	-0.161412	Signif Level (Sk=0)	0.000043
Kurtosis (excess)	0.740311	Signif Level (Ku=0)	0.000000
Jarque-Bera	104.826234	Signif Level (JB=0)	0.000000

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

## D. Descubrimientos Petroleros en Prensa Nacional

Fecha	Evento	Tamaño p/n diaria barriles	Tamaño Reservas Millones de barriles	Unknown	Pequeño	Mediano	Grande	Total
31/01/2007	Emerald Energy en el pozo Aureliano 1 (Contrato Fortuna, en Magdalena Medio)	Unknown		1				1
08/02/2007	la petrolera rusa Lukoil confirmó que encontró crudo en el bloque Medina en Boyacá		100			1		1
11/02/2007	Hallazgo petrolero en Huila		83			1		1
03/03/2007	Pacific Stratus Energy Mauritania Norte-1 Departamento de Casanare.	1000	Unknown			1		1
24/03/2007	La compañía canadiense de petróleo Solana Resources perforó el pozo Juanambu, 1 en el bloque Guayuyaco, departamento de Putumayo.		Unknown	1				1
19/04/2007	Global Energy Development pozo luna llena 1		Unknown	1				1
16/05/2007	Gran Tierra Energy Bloque Chaza pozo Costayaco-1		Unknown	1				1
04/06/2007	Gran Tierra Energy pozo Juanambú 1 ubicado en el Bloque Guayuyaco, en departamento del Putumayo.	589			1			1
26/06/2007	Test Final Gran Tierra Energy pozo Costayaco 1, bloque Chaza, en departamento del Putumayo		Unknown	1				1
28/07/2007	Black Rock Oil & Gas pozo Acacia Este	3000				1		1
18/01/2008	El pozo Tenax-1 perforado por Ecopetrol y localizado en el municipio de Aipe, en el Huila	1920	Unknown			1		1
17/04/2008	Solana Resources anunció que terminó exitosamente la perforación de su pozo Costayaco-3	2543				1		1
29/04/2008	Tempranillo 1 Ecopetrol, Valle Superior del Magdalena Dpto del Huila	2000				1		1
27/06/2008	La empresa canadiense Gran Tierra Energy anunció que finalizó exitosamente la perforación de Popa 2		Unknown	1				1
09/07/2008	hallazgo de gas en Ortega (Tolima)	1350				1		1
29/07/2008	en Costayaco Gran Tierra Energy y Solana Resources Limited anunciaron el aumento de su campo en Putumayo.		20.5		1			1
05/09/2008	Poso Arrayan 1 Aipe Huila	860			1			1
16/09/2008	Emerald energy , campo Capella 1	240			1			1
01/10/2008	Ecopetrol anunció un pequeño descubrimiento de hidrocarburos localizado en el municipio de San Vicente de Chucurí	200			1			1
10/10/2008	Solana Resources Limited Aceites 1, el cual está localizado en los Llanos orientales	5645				1		1
19/02/2009	Petrolatina anuncia pruebas preliminares exitosas en Magdalena Medio	1197				1		1
06/04/2009	Ecopetrol en Putumayo Orito Quiriyana-1	300			1			1
13/04/2009	Llanura nororiental, Campo Ochol		150			1		1
23/04/2009	Pacific Rubiales Energy anunció dos pequeños descubrimientos petroleros en Colombia	Unknown		1				1
12/06/2009	Pacific Rubiales Energy anunció un descubrimiento petrolero en Colombia en su pozo Abanico 20	901			1			1
24/07/2009	La empresa inglesa Emerald Energy dijo que comprobó un flujo de petróleo en la formación Caballos, en el campo Gigante II	185						0
27/08/2009	La firma Pacific Rubiales Energy anunció el hallazgo de crudo en el pozo Quifa-8, en la cuenca de los Llanos Orientales.	Unknown		1				1
04/09/2009	En campo Rubiales hay 341 millones de barriles de reservas de petróleo comprobadas	63000	341.3				1	1
10/09/2009	Ecopetrol anunció la culminación de la perforación de pozo Quifa-7 en los Llanos Orientales	100			1			1
13/10/2009	Rubiales Energy Corp pozo Quifa 10	Unknown		1				1
06/01/2010	Nueva producción Petrominerales Ltda., en su pozo Candelilla-1, ubicado en el Bloque Guatiquía de los Llanos Orientales	11500					1	1
29/01/2010	Ecopetrol tempranillo de Aipre	1000				1		1
09/02/2010	Pacific Rubiales Energy anunció nuevo descubrimiento de petróleo en el pozo Quifa-6	Unknown		1				1
08/03/2010	Nuevo hallazgo de petróleo en Colombia confirma la empresa Pacific Rubiales Energy Quifa 26x	Unknown		1				1
11/03/2010	Llanos orientales, departamento de Casanare Balay 1	1314				1		1
16/03/2010	Pacific Quifa 24x	Unknown		1				1
26/04/2010	Rubiales Las actividades de la empresa canadiense en los bloques Quifa y Rubiales, ubicados en la cuenca de los Llanos Orientales.		163		1			1
11/06/2010	Gran Tierra revela resultados de Mosqueta-1	Unknown		1				1
28/06/2010	Tierra Energy confirmó descubrimiento de petróleo en el bloque de 'Chaza' en el Putumayo	Unknown		1				1
18/08/2010	El campo Rancho Hermoso, ubicado en la cuenca de los Llanos Orientales	3340				1		1
24/08/2010	Yacimiento de Ubaque, en la Cuenca de los Llanos Orientales	3302				1		1
22/10/2010	Canacol Energy anunció un incremento del 100 por ciento en las reservas de petróleo probadas y probables en Capella.	Unknown		1				1
25/10/2010	Pruebas en bloque Garibay produjeron 3.894 barriles de petróleo por día	3984				1		1
29/10/2010	Gran Tierra Energy dijo que pruebas en el campo La Moqueta confirmaron una productividad adicional de petróleo.	Unknown		1				1
02/11/2010	Ecopetrol anunció descubrimiento de petróleo en pozo del departamento del Meta	Unknown		1				1
05/11/2010	La petrolera canadiense Pacific Rubiales Energy anunció un nuevo éxito exploratorio en el pozo Visure-1X	Unknown		1				1
01/12/2010	Descubrimiento Ecopetrol Metal, Akacias 1	1280				1		1
16/12/2010	Alange Energy Corp anunció un descubrimiento de crudo pesado en el bloque Topoyaco en el Putumayo	Unknown		1				1

Fecha	Evento	Tamaño p/n diaria barriles	Tamaño Reservas Millones de barriles	Unknown	Pequeño	Mediano	Grande	Total
05/01/2011	Petrominerales anunció exitosa la prueba de Yatay-1 y en el bloque Guatiquia, en la cuenca de los llanos	Unknown		1				1
13/01/2011	Pozo Mirto-2, 688 barriles por día	688			1			1
19/01/2011	Noticia Pozo Mirto-2, 688 barriles por día	688			1			1
24/01/2011	Reservas de ecopetrol aumentan		365				1	1
07/02/2011	Ecopetrol, Putumayo, Tinkhana 1	140			1			1
08/02/2011	Canacol Energy anunció hallazgo de petróleo de 19.066 barriles de crudo por día en pozo de Llanos Orientales	19066					1	1
24/02/2011	Canacol descubrió potencial de producción de 26,286 barriles por día en el pozo Rancho Hermoso	26286					1	1
25/04/2011	Ecopetrol Huila Nunda1	92			1			1
17/05/2011	Ecopetrol Meta pozo exploratorio Mito-1, ubicado en el municipio de Puerto Gaitán, Meta	200			1			1
29/06/2011	Canacol descubre nuevo yacimiento de crudo	1786				1		1
06/07/2011	Ecopetrol, con nuevo hallazgo en Pto. Gaitán	170			1			1
12/09/2011	Ecopetrol anuncia hallazgo en bloque Caño Sur en el Meta	532			1			1
20/09/2011	Ochol	190			1			1
27/09/2011	Canacol		2.6		1			1
03/10/2011	Ecopetrol reportó la presencia de hidrocarburos en el pozo Trasgo 1, perteneciente al bloque Caño Sur	120			1			1
25/10/2011	PetroMagdalena Copa Asur 1	Unknown		1				1
	Cepsa y Gran Tierra Energy hallan petróleo en el Casanare							
13/04/2012	El pozo Ramiriquí-1 arrojó un flujo natural de 2.525 barriles por día de crudo.	2525				1		1
25/04/2012	Ecopetrol hizo un descubrimiento de crudo en el pozo exploratorio Tisquirama Este -1	624			1			1
13/06/2012	Cerca de 6.000 barriles por día sacan del campo Quifa utilizando la nueva tecnología de Pacífic.							0
	Dos nuevos hallazgos de crudo de Geopark en el Casanare							
11/07/2012	Los pozos Max 1 y Túa 1 arrojaron flujos de crudo cercanos a los 3.000 barriles por día.	3000				1		1
	Nuevo hallazgo de Ecopetrol en Caño Sur en el Meta							
23/07/2012	En Puerto Gaitán, el pozo Embrujo arrojó un petróleo pesado de 13,5 grados API, según reporte de la empresa.	434			1			1
	Ecopetrol anuncia descubrimiento en el Magdalena medio							
06/09/2012	El Pozo Aullador-1 produjo en pruebas iniciales 300 barriles de crudo de 24 grados API por día en flujo natural.	300			1			1
12/09/2012	Petrominerales, encontró petróleo en su pozo Mambo-1, en el Bloque Corcel, ubicado en la Cuenca de los Llanos Profundos.	839			1			1
	Mejoran las reservas de petróleo de Colombia							
25/01/2013	Ecopetrol y la canadiense Talisman declararán este lunes la comercialidad del nuevo bloque en Acacias, al sur de Villavicencio.	1242				1		1
18/07/2013	Petrominerales se dispara en Bolsa tras importante hallazgo	2700				1		1
	Petrominerales anuncia hallazgo de crudo en Colombia							
12/08/2013	De acuerdo con la empresa, las pruebas en el pozo Taya-1 alcanzaron 5.218 barriles de petróleo por día.	5218				1		1
	Canacol Energy descubre más petróleo							
23/10/2013	La cuarta perforación en el descubrimiento Labrador fue exitosa y arrojó una producción de 778 barriles diarios.	778			1			1
	Acción de Canacol sube fuertemente tras hallazgo de petróleo							
02/12/2013	Los papeles de la empresa suben más de un 9,2 por ciento. El descubrimiento de crudo fue realizado en los Llanos.	(Rancho hermoso)				1		1
08/12/2013	Ecopetrol y la canadiense Talisman declararán este lunes la comercialidad del nuevo bloque en Acacias, al sur de Villavicencio.	1727				1		1
	Canacol reporta hallazgo de crudo en bloque de esquisto							
06/03/2014	Se trata del pozo Mono Araña 1, ubicado en la Formación La Luna de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.	590			1			1
	Ecopetrol confirma nuevo hallazgo en el Meta							
31/03/2014	Se trata del pozo Tibirita-1A, del bloque Caño Sur, ubicado en el municipio de San Martín.	580			1			1
	Canacol prueba hallazgo en el Magdalena Medio							
21/07/2014	La compañía reportó la capacidad para producir 832 barriles de crudo liviano por día en el pozo Morsa 1.	832			1			1
	Ecopetrol anuncia hallazgo de pozo de hidrocarburos							
	Las petroleras analizarán los resultados obtenidos, para lo cual solicitarán ante las autoridades el permiso para llevar a cabo pruebas							
21/11/2014	extensas de producción en el pozo Nueva Esperanza-1.	910			1			1

## E. Modelos Auxiliares para Incorporación de Descubrimientos de Petróleo 2007 - 2014

### E.1. Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2007– 2014

El modelo ARIMA para la tasa de cambio para el periodo 2007 – 2014 estimado fue el siguiente<sup>45</sup>:

**Tabla 21:** Modelo ARIMA para Tasa de Cambio 2007– 2014

MODELO 8 ARIMA TRM 2007 – 2015 DATOS DIARIOS
AR de TRM (1,9,14,51,64,75,77)
MA de TRM (52,57,75)
DIFFS (1)

Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton				
Convergence in 13 Iterations. Final criterion was 0.0000050 <= 0.0000100				
Dependent Variable DLY				
Usable Observations	1820			
Degrees of Freedom	1809			
Centered R^2	0.0571290			
R-Bar^2	0.0519168			
Uncentered R^2	0.0571960			
Mean of Dependent Variable	0.0000654325			
Std Error of Dependent Variable	0.0077594111			
Standard Error of Estimate	0.0075553046			
Sum of Squared Residuals	0.1032624736			
Log Likelihood	6314.6683			
Durbin-Watson Statistic	2.0175			
Q(36-10)	47.8801			
Significance Level of Q	0.0055776			
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. CONSTANT	0.00	0.00	0.20	0.84
2. AR{1}	0.16	0.02	7.13	0.00
3. AR{9}	0.05	0.02	2.33	0.02
4. AR{14}	0.08	0.02	3.44	0.00
5. AR{51}	-0.04	0.02	-1.84	0.07
6. AR{64}	-0.06	0.02	-2.57	0.01
7. AR{75}	-0.33	0.08	-4.06	0.00
8. AR{77}	0.06	0.02	2.88	0.00
9. MA{52}	0.07	0.02	2.80	0.01
10. MA{57}	0.07	0.02	3.22	0.00

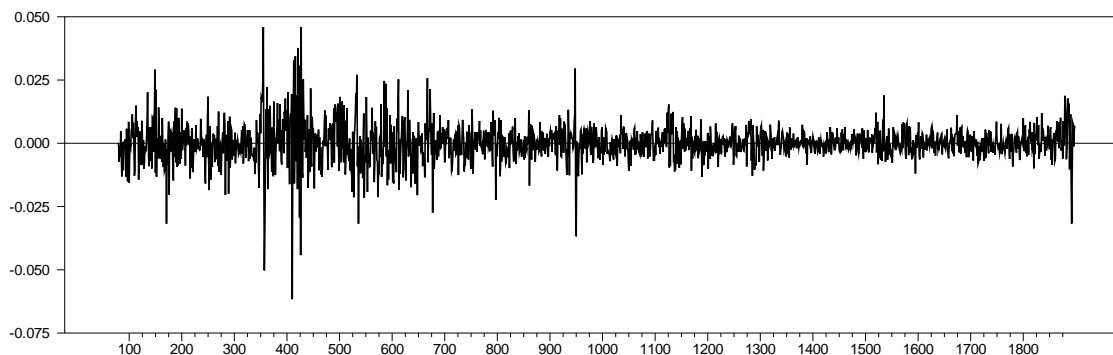
<sup>45</sup> Se estimó una variación de este modelo que incorporaba los rezagos 3, 5 para el componente auto regresivo y 3, 5 para la media móvil. Este modelo alternativo cumple los supuestos de no auto correlación de los residuales, so pena de la significancia de los coeficientes. Para no descartar la utilidad de tal modelo, se realiza de forma paralela el mismo procedimiento metodológico, y se presentan los resultados principales en forma de pie de página.

<b>11. MA{75}</b>	0.28	0.08	3.38	0.00
-------------------	------	------	------	------

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Como se puede observar en el Gráfico 16 y en la Tabla 15 este modelo presenta los mismos problemas de normalidad de los residuales que los modelos diarios anteriores. Precisamente se puede observar cómo los residuales presentan unos picos no explicados en el año 2008, año que presentó la crisis económica mundial.

**Gráfico 23 :** Residuales Modelo ARIMA (trm) 2007 – 2014



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 22 :** Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMA (trm) 2007 – 2014

Statistics on Series RES			
<b>Observations</b>	<b>1820</b>		
<b>Sample Mean</b>	<b>0.000003</b>	<b>Variance</b>	<b>0.000057</b>
<b>Standard Error</b>	<b>0.007535</b>	<b>SE of Sample Mean</b>	<b>0.000177</b>
<b>t-Statistic (Mean=0)</b>	<b>0.018174</b>	<b>Signif Level (Mean=0)</b>	<b>0.985502</b>
<b>Skewness</b>	<b>-0.205602</b>	<b>Signif Level (Sk=0)</b>	<b>0.000346</b>
<b>Kurtosis (excess)</b>	<b>7.828611</b>	<b>Signif Level (Ku=0)</b>	<b>0.000000</b>
<b>Jarque-Bera</b>	<b>4660.431378</b>	<b>Signif Level (JB=0)</b>	<b>0.000000</b>

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

## E.2. Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo

A continuación se presentan los resultados del modelo que incorpora el precio del petróleo al modelo anterior mediante el método de ensayo y error.

**Tabla 23** : Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo

<b>MODELO 9 ARIMAX TRM – P-Oil 2007 – 2014 DATOS DIARIOS</b>
AR de TRM (1,14,17,35,51,64,75,77)
MA de TRM (10,17,35,57)
AR de P-Oil (1,8)
MA de P-Oil (1,2)
DIFFS (1)

<b>Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton</b>	
Convergence in	24 Iterations. Final criterion was 0.0000097 <= 0.0000100
Dependent Variable DLY	
Usable Observations	1818
Degrees of Freedom	1800
Centered R^2	0.1490088
R-Bar^2	0.1409717
Uncentered R^2	0.1490730
Mean of Dependent Variable	0.0000674252
Std Error of Dependent Variable	0.0077633197
Standard Error of Estimate	0.0071953382
Sum of Squared Residuals	0.0931912065
Log Likelihood	6400.0119
Durbin-Watson Statistic	2.0041
Q(36-12)	35.7702
Significance Level of Q	0.0577681

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. CONSTANT	0.00	0.00	0.34	0.73
2. AR{1}	0.17	0.02	7.31	0.00
3. AR{14}	0.06	0.02	2.70	0.01
4. AR{17}	0.19	0.09	2.26	0.02
5. AR{35}	0.17	0.08	2.13	0.03
6. AR{51}	-0.05	0.02	-2.13	0.03
7. AR{64}	-0.06	0.02	-2.43	0.02
8. AR{75}	-0.08	0.02	-3.58	0.00
9. AR{77}	0.07	0.02	2.93	0.00
10. MA{10}	0.05	0.02	2.39	0.02
11. MA{17}	-0.23	0.09	-2.69	0.01
12. MA{35}	-0.22	0.08	-2.72	0.01
13. MA{57}	0.05	0.02	2.34	0.02
14. N_DLX{0}	0.01	0.01	0.94	0.35
15. N_DLX{1}	-0.10	0.01	-9.62	0.00
16. N_DLX{2}	-0.07	0.02	-3.31	0.00

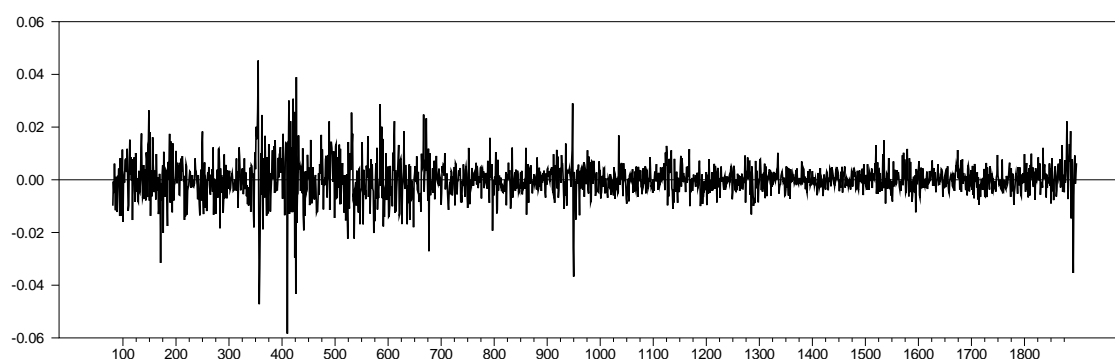
<b>17. D_DLX{1}</b>	-0.64	0.19	-3.36	0.00
<b>18. D_DLX{8}</b>	-0.14	0.06	-2.44	0.01

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

En este modelo se puede evidenciar de nuevo el resultado clave de las anteriores secciones, el precio del petróleo si genera una respuesta de corto plazo en la tasa de cambio. No obstante, en el periodo 2007 – 2014 se puede encontrar que los coeficientes que acompañan a los rezagos del precio del petróleo (17 y 18 en la Tabla 16) si tienen una direccionalidad precisa, y es inversa, un incremento en el precio del petróleo de 1% genera una apreciación de la tasa de cambio nominal de -0,78% en plazo de dos semanas, siendo el efecto más fuerte después del primer día del incremento en el precio del precio (-0,64% en el coeficiente 17)<sup>46</sup>.

En el siguiente gráfico y tabla se puede evidenciar que el modelo no cumple el supuesto de normalidad, los residuales presentan unos picos no explicados que se abordarán una vez se incorporen en el modelo los descubrimientos de petróleo en prensa.

**Gráfico 24 : Residuales Modelo ARIMAX (Trm - P Oil) 2007 – 2014**



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 24 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 9 ARIMAX (Trm . P Oil) 2007 – 2014**

Statistics on RES1 Series				
<b>Observations</b>	1818			
<b>Sample Mean</b>	-0.000007	Variance	0.000051	
<b>Standard Error</b>	0.007162	SE of Sample	Mean	0.000168
<b>t-Statistic (Mean=0)</b>	-0.040954	Signif Level	(Mean=0)	0.967337
<b>Skewness</b>	-0.330937	Signif Level	(Sk=0)	0

<sup>46</sup> Las unidades de los modelos están en diferencias de logaritmos, de modo que se pueden interpretar como tasas de crecimiento, como las unidades están en porcentajes, la interpretación se realiza con incrementos de 0,01.



<b>Kurtosis (excess)</b>	7.565908	Signif Level	(Ku=0)	0
<b>Jarque-Bera</b>	4369.339334	Signif Level	(JB=0)	0

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

### E.3. Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa

A continuación se presenta el modelo que incorpora los descubrimientos en prensa (*D-Oil*) como una variable explicativa de los movimientos de la tasa de cambio adicional a las variaciones del precio del petróleo.

**Tabla 25** : Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa

<b>MODELO 10 ARIMAX TRM – P-Oil – D-Oil 2007 – 2014 DATOS DIARIOS</b>
AR de TRM (1,14,51,64,75,77)
MA de TRM (5,10,17,57)
AR de P-Oil (1)
MA de P-Oil (1)
AR de D-Oil (1,3,5)
MA de D-Oil (0)
DIFFS (1)

<b>Box-Jenkins - Estimation by LS G</b>	<b>auss-Newton</b>
Convergence in 28 Iterations.	Final criter
Dependent Variable DLY	
Usable Observations	1819
Degrees of Freedom	1801
Centered R^2	0.1538549
R-Bar^2	0.145868
Uncentered R^2	0.1539156
Mean of Dependent Variable	6.56899E-05
Std Error of Dependent Variable	0.007761537
Standard Error of Estimate	0.007173155
Sum of Squared Residuals	0.092668937
Log Likelihood	6409.1438
Durbin-Watson Statistic	2.0111
Q(36-10)	33.6462
Significance Level of Q	0.1441647

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
*****	*****	*****	*****	*****
1. CONSTANT	0.00	0.00	0.46	0.64

2. AR{1}	0.16	0.02	6.95	-
3. AR{14}	0.07	0.02	2.85	0.00
4. AR{51}	-	0.02	-	0.02
	0.05		2.26	
5. AR{64}	-	0.02	-	0.00
	0.08		3.32	
6. AR{75}	-	0.02	-	0.01
	0.06		2.58	
7. AR{77}	0.06	0.02	2.63	0.01
8. MA{5}	-	0.02	-	0.02
	0.06		2.41	
9. MA{10}	0.06	0.02	2.49	0.01
10. MA{17}	-	0.02	-	0.03
	0.05		2.18	
11. MA{57}	0.07	0.02	2.95	0.00
12. N_DLX{0}	0.00	0.01	0.41	0.68
13. N_DLX{1}	-	0.01	-	-
	0.11		14.18	
14. D_DLX{1}	0.26	0.07	3.89	0.00
15. N_DOIL{0}	-	0.00	-	0.02
	0.00		2.41	
16. D_DOIL{1}	-	0.14	-	0.00
	0.54		3.84	
17. D_DOIL{3}	-	0.18	-	0.05
	0.35		1.97	
18. D_DOIL{5}	0.55	0.14	3.79	0.00

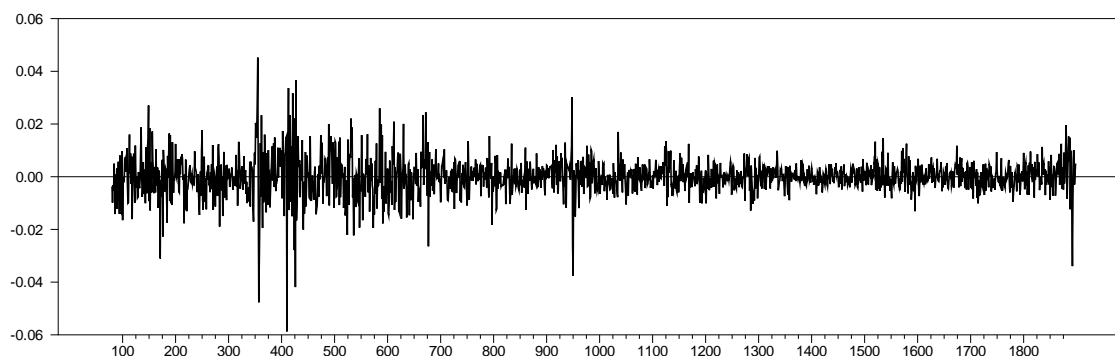
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Al incorporar los descubrimientos de petróleo en prensa en el modelo anterior se encuentra significancia en los coeficientes acompañando tanto a las variaciones en el precio del petróleo, como a los días en que se reportaron descubrimientos de petróleo. Sin embargo, llama la atención la diferencia en el signo que acompaña a las variaciones del precio del petróleo rezagadas un día (Coeficiente 14 Tabla 18), pues éste tiene signo positivo, contrario a los coeficientes 16 y 17 correspondientes al efecto de un descubrimiento petrolero rezagado un y tres días respectivamente, lo cual se interpretaría como una apreciación de la tasa de cambio de 0,9% ante un descubrimiento en un periodo de cuatro días, con una posterior corrección de 0,5% (Coeficiente 18 Tabla 18).

Así mismo se puede observar en el Gráfico 18 y en la Tabla 19 que la incorporación tanto de las variaciones del precio del petróleo como de los descubrimientos petroleros en prensa para el periodo 2007 – 2014 no resuelve el problema de normalidad presente en todos los modelos diarios estimados. Se procederá a estimar un modelo similar al modelo

10, con la diferencia de incorporar los descubrimientos de petróleo categorizados por tamaño<sup>47</sup>.

**Gráfico 25 :** Residuales Modelo 10 ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil) 2007 – 2014



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 26 :** Estadísticos de los Residuales del Modelo 10 ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil) 2007 – 2014

Statistics on Series RES1			
Observations	1819		
Sample Mean	0.000001	Variance	0.000051
Standard Error	0.007140	SE of Sample Mean	0.000167
t-Statistic (Mean=0)	0.005282	Signif Level (Mean=0)	0.995786
Skewness	-0.339226	Signif Level (Sk=0)	0.000000
Kurtosis (excess)	7.438144	Signif Level (Ku=0)	0.000000
Jarque-Bera	4228.135986	Signif Level (JB=0)	0.000000

Fuente: Cálculos del autor con software RATS 8.0

#### **E.4. Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa discriminados por tamaño**

El modelo estimado con categorías por tamaño de los descubrimientos petroleros fue el siguiente:

<sup>47</sup> Desconocido = El reporte en prensa y la empresa no dicen cuál es el tamaño estimado del nuevo pozo (22)

Pequeño = Menos de 1.000 Barriles de Producción Diaria (28)

Mediano = Entre 1.000 y 10.000 Barriles de Producción Diaria (25)

Grande = Más de 10.000 Barriles de Producción Diaria (5)

(Ver Anexo 1)

**Tabla 27.** Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa discriminados por tamaño

<b>MODELO 11 ARIMAX TRM – P-Oil – D-Oil (Por Categorías de Tamaño) 2007 – 2014</b>
<b>DATOS DIARIOS</b>
AR de TRM (1,14,51,64,75,77)
MA de TRM (5,10,17,57)
AR de P-Oil (1)
MA de P-Oil (1)
AR de D-Oil Desconocido (5,6)
MA de D-Oil Desconocido (9)
AR de D-Oil Desconocido (2,4)
MA de D-Oil Desconocido (0)
DIFFS (1)

<b>Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton</b>	
<b>NO CONVERGENCE IN 75 ITERATIONS</b>	
LAST CRITERION WAS 0.0000001	
Dependent Variable DLY	
Usable Observations	1812
Degrees of Freedom	1791
Centered R^2	0.1596624
R-Bar^2	0.1502784
Uncentered R^2	0.1597590
Mean of Dependent Variable	0.0000832495
Std Error of Dependent Variable	0.0077635477
Standard Error of Estimate	0.0071564652
Sum of Squared Residuals	0.0917260545
Log Likelihood	6390.2520
Durbin-Watson Statistic	2.0099
Q(36-10)	33.8253
Significance Level of Q	0.1394803

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
*****	*****	*****	*****	*****
1. CONSTANT	0.00	0.00	0.02	0.99
2. AR{1}	0.16	0.02	6.88	-
3. AR{14}	0.07	0.02	3.06	0.00
4. AR{51}	-0.05	0.02	-2.27	0.02
5. AR{64}	-0.08	0.02	-3.28	0.00
6. AR{75}	-0.06	0.02	-2.66	0.01
7. AR{77}	0.07	0.02	2.76	0.01
8. MA{5}	-0.05	0.02	-2.32	0.02
9. MA{10}	0.06	0.02	2.35	0.02
10. MA{17}	-0.05	0.02	-2.14	0.03
11. MA{57}	0.07	0.02	2.84	0.00
12. N_DLX{0}	0.00	0.01	0.57	0.57
13. N_DLX{1}	-0.11	0.01	-14.44	-
14. D_DLX{1}	0.26	0.07	3.89	0.00

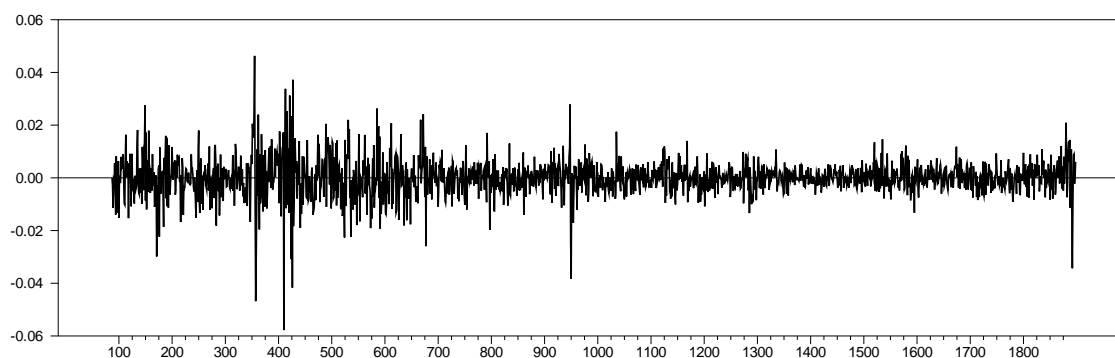
15. N_DOILU{0}	0.00	0.00	2.51	0.01
16. N_DOILU{9}	0.00	0.00	2.65	0.01
17. D_DOILU{5}	-0.19	0.02	-9.00	-
18. D_DOILU{6}	0.85	0.03	29.60	-
19. N_DOILP{0}	-0.00	0.00	-1.92	0.06
20. D_DOILP{2}	-1.46	0.06	-26.31	-
21. D_DOILP{4}	-0.92	0.06	-15.19	-

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Los resultados del modelo 11 replican los del modelo 10 en cuanto al componente auto explicativo de la tasa de cambio y de las variaciones del precio del petróleo (se vuelve a encontrar un coeficiente positivo en el Coeficiente 14). De forma particular, los descubrimientos que resultan significativos en este modelo, son los de tamaño desconocido y de tamaño pequeño. Esto puede tener dos explicaciones: Los descubrimientos grandes al ser sólo cinco en el periodo 2007-2014 puede que no cuenten con suficientes observaciones para establecer una significancia estadística en la muestra. De otra parte, existe una direccionalidad hacia la apreciación de la tasa de cambio en los coeficientes que acompañan los descubrimientos pequeños, que a su vez son los más numerosos (28), no así sucede con los descubrimientos de tamaño desconocido, los cuales al tener una mayor incertidumbre probablemente son más útiles para la especulación de corto plazo en el mercado cambiario.

Este modelo al igual que sus similares de secciones anteriores no cumple el supuesto de normalidad (Gráfico 19 y Tabla 21), para solucionar este problema, se procedió a incorporar variables dicotómicas en las fechas en donde los residuales son mayores a dos desviaciones estándar, una variable para los valores con valencia positiva y otra para las negativas.

**Gráfico 26 :** Residuales Modelo ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil por Categorías) 2007 – 2014



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 28** : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil por Categorías) 2007 – 2014

Statistics on Series RES1			
Observations	1812		
Sample Mean	-0.000000	Variance	0.000051
Standard Error	0.007117	SE of Sample Mean	0.000167
t-Statistic (Mean=0)	-0.000428	Signif Level (Mean=0)	0.999659
Skewness	-0.340366	Signif Level (Sk=0)	0.000000
Kurtosis (excess)	7.497634	Signif Level (Ku=0)	0.000000
Jarque-Bera	4279.182376	Signif Level (JB=0)	0.000000

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

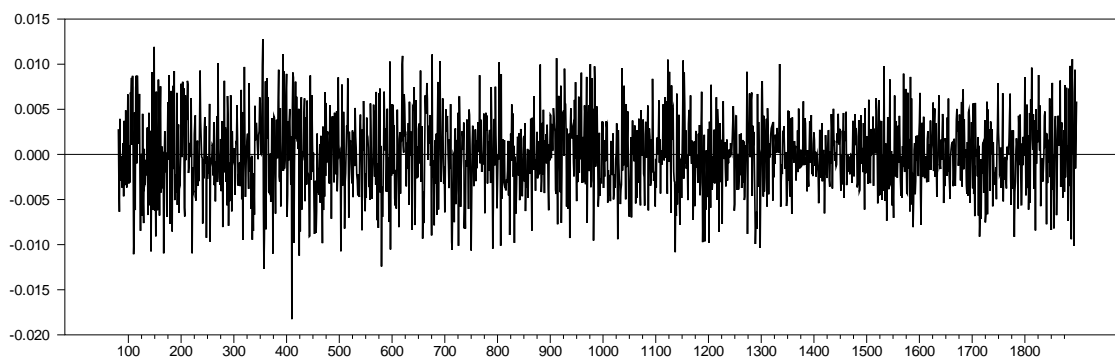
## F. Supuestos Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa

**Tabla 29.** Rezagos Modelo ARIMAX para Tasa de Cambio 2007– 2014 incorporando las variaciones del precio del petróleo y los descubrimientos petroleros en prensa

<b>MODELO 12 ARIMAX TRM – P-Oil – D-Oil – Dummies 2007 – 2014 DATOS DIARIOS</b>
AR de TRM (1,14,75) DLY
MA de TRM (57) DLY
AR de P-Oil (1) DLX
MA de P-Oil (1) DLX
AR de D-Oil (3,5) D_DOIL
MA de D-Oil (0) N_DOIL
AR de Dummy 1 (5) D_DO
MA de Dummy 1 (5) N_DO
AR de Dummy 2 (1,3,4) D_DA
MA de Dummy 2 (1,3,4) N_DA
AR de Dummy 2 (1,2) D_DB
MA de Dummy 2 (1,2,3) N_DB
AR de Dummy 4 (1,3) D_DC
MA de Dummy 4 (1,3,4) D_DC
DIFFS (1)

**Tabla 30 :** Estadísticos

<b>Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton</b>	
<b>Convergence in 28 Iterations. Final criterion was 0.0000065 &lt;= 0.0000100</b>	
<b>Dependent Variable DLY</b>	
<b>Usable Observations</b>	<b>1818</b>
<b>Degrees of Freedom</b>	<b>1786</b>
<b>Centered R^2</b>	<b>0.6947553</b>
<b>R-Bar^2</b>	<b>0.6894571</b>
<b>Uncentered R^2</b>	<b>0.6947783</b>
<b>Mean of Dependent Variable</b>	<b>0.0000674252</b>
<b>Std Error of Dependent Variable</b>	<b>0.0077633197</b>
<b>Standard Error of Estimate</b>	<b>0.0043262169</b>
<b>Sum of Squared Residuals</b>	<b>0.0334270493</b>
<b>Log Likelihood</b>	<b>7331.9986</b>
<b>Durbin-Watson Statistic</b>	<b>1.9886</b>
<b>Q(36-4)</b>	<b>22.2017</b>
<b>Significance Level of Q</b>	<b>0.9019182</b>

**Gráfico 27 : Residuales Modelo ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil - Dummies) 2007 – 2014**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 31 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX (Trm - P Oil – D Oil - Dummies) 2007 – 2014**

Statistics on Series RES1			
Observations	1818		
Sample Mean	-0.000000	Variance	0.000018
Standard Error	0.004289	SE of Sample Mean	0.000101
t-Statistic (Mean=0)	-0.000302	Signif Level (Mean=0)	0.999759
Skewness	-0.045210	Signif Level (Sk=0)	0.431679
Kurtosis (excess)	0.015514	Signif Level (Ku=0)	0.892800
Jarque-Bera	0.637555	Signif Level (JB=0)	0.727037

Fuente: Cálculos del autor con software RATS 8.0

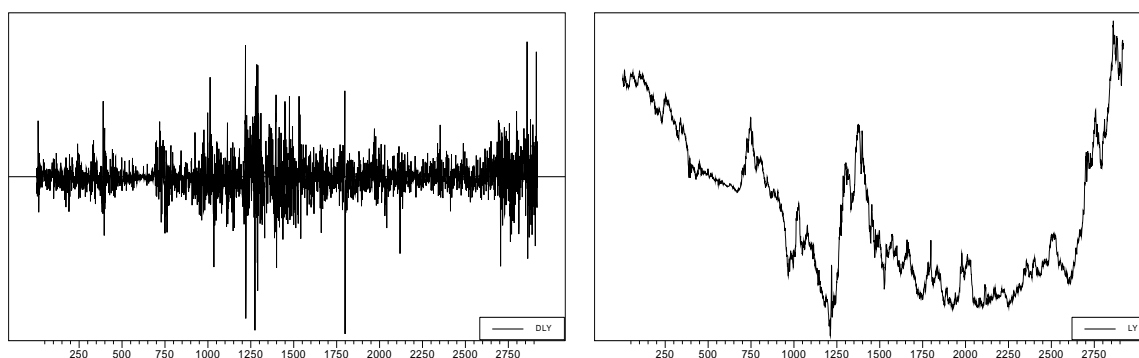


## G.Pruebas de raíz unitaria para series 2003 -2015 y supuestos del modelo diario

### G.1. Pruebas de Raíz Unitaria 2003 - 2015

Se presentan las pruebas Dickey Fuller Aumentada para las series utilizadas en el modelo VAR presentado en el cuerpo del documento para el periodo 2003 – 2015.

**Gráfico 28** : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

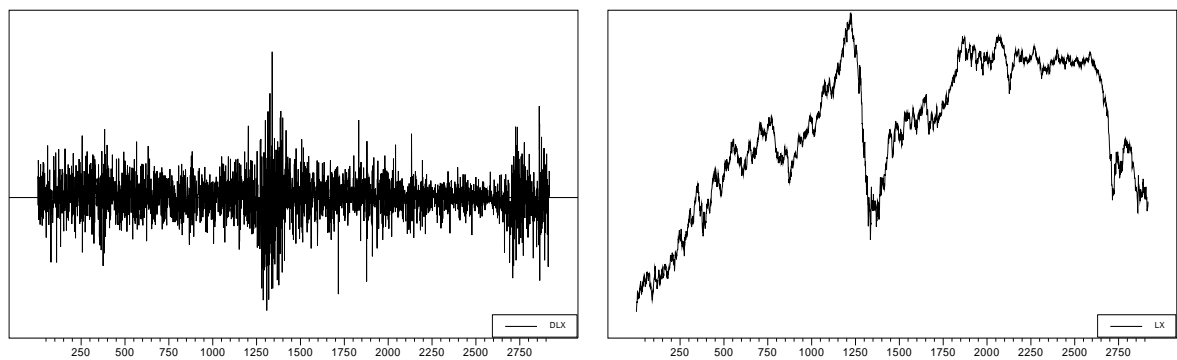
**Tabla 32** : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015

*****
<b>* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLY *</b>
<b>* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *</b>
<b>* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *</b>
<b>* residual serial correlation at level 0.050. *</b>
*****
<b>Using data from 2 to 2919</b>
<b>Adding lag 0</b>
*****
<b>* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLY WITH 0 LAGS:-46.2741 *</b>
<b>* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9394 *</b>
*****

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para la Tasa de Cambio en el periodo 2003 – 2015, así como en las dos ventanas anteriores, presenta raíz unitaria en logaritmo, sin embargo, al realizar la primera diferencia del logaritmo de la tasa de cambio, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

Gráfico 29 : Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015



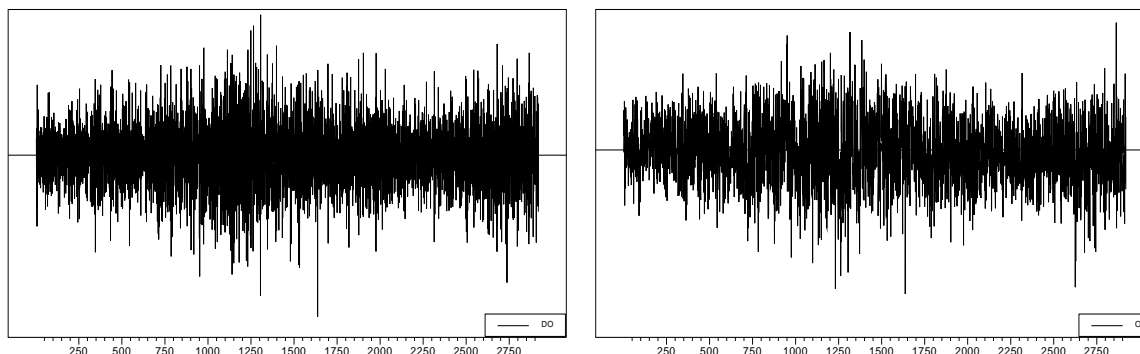
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Tabla 33 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015

*****		
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLX *		
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *		
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *		
* residual serial correlation at level0.050. *		
*****		
Using data from 2 to 2919		
Adding lag 0		
*****		
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLX WITH 0 LAGS:-56.1181 *		
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9394 *		
*****		

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

En el periodo 2003 – 2015, el logaritmo del precio muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 30 :** “Order Flow” en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

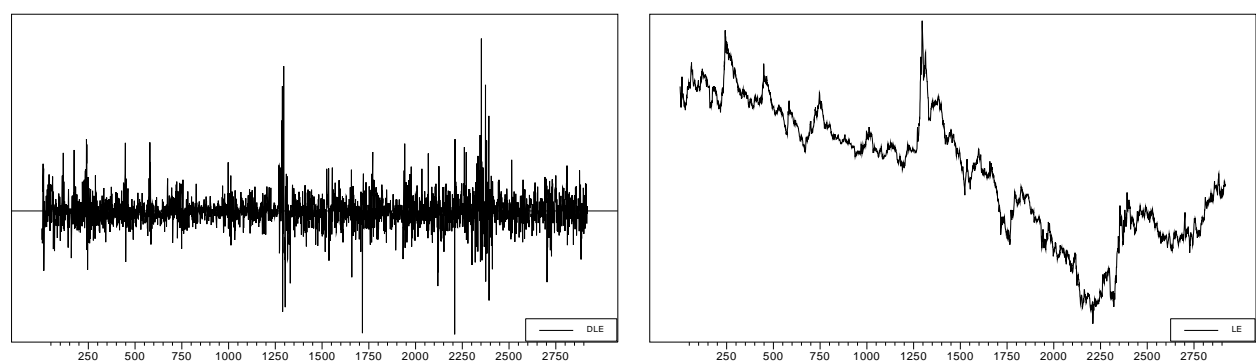
**Tabla 34 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para “Order Flow” en nivel 2003 - 2008

*****
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN O *
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *
* residual serial correlation at level 0.050. *
*****
Using data from 1 to 2919
Adding lag 0
*****
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR O WITH 0 LAGS: -50.5825 *
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9394 *
*****

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para el “Order Flow” en el periodo 2003 – 2015, su nivel muestra no tener raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

Gráfico 31 : Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015



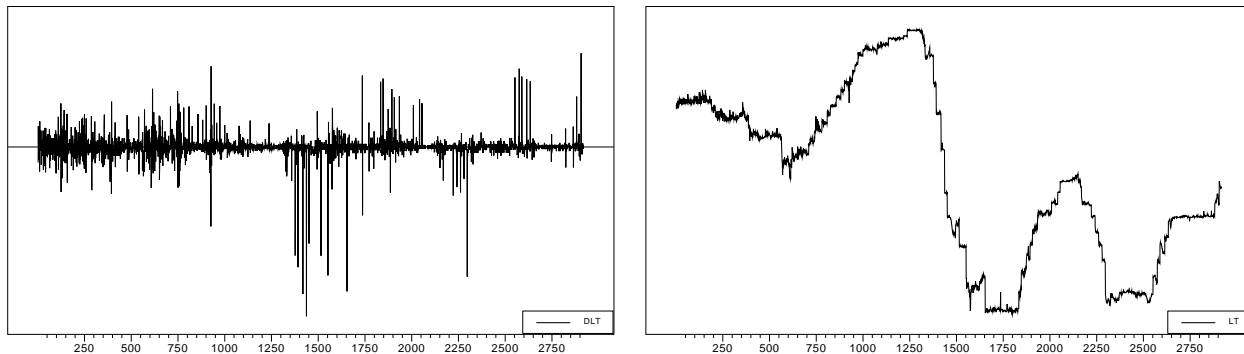
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Tabla 35 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLE *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level0.050. *	
*****	
Using data from 2 to 2919	
Adding lag 0	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLE WITH 0 LAGS:-48.3935 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9394 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para el EMBI en el periodo 2003 – 2008, su logaritmo muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia del logaritmo del EMBI, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 32 :** Tasa Interbancaria en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2015

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 36 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para logaritmo de Tasa Interbancaria en primeras diferencias 2003 - 2015

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLT *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level 0.050. *	
*****	
Using data from 2 to 2919	
Adding lag 0	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLT WITH 0 LAGS: -60.8825 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9394 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para la Tasa Interbancaria en el periodo 2003 – 2015, su logaritmo muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia del logaritmo de la Tasa Interbancaria, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 33 :** Descubrimientos Petroleros 2005 – 2015

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 37 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Descubrimientos Petroleros 2005 - 2008**

*****	
<b>* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DOIL *</b>	
<b>* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *</b>	
<b>* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *</b>	
<b>* residual serial correlation at level 0.050. *</b>	
*****	
Using data from 1 to 2919	
Adding lag 0	
Adding lag 1	
Adding lag 2	
Adding lag 3	
Adding lag 4	
Adding lag 5	
*****	
<b>* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DOIL WITH 5 LAGS -17.7106 *</b>	
<b>* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9394 *</b>	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Los descubrimientos petroleros, muestran ser estacionarios en su nivel natural, de modo que se trabajará con su nivel en los modelos a estimar para el periodo 2003 – 2015.

## H. Supuestos Modelo VAR 2003 – 2015 datos diarios

**Tabla 38 :** Estadísticos Modelo VAR 2003 – 2015 datos diarios<sup>48</sup>

Dependent Variable DLY	
Mean of Dependent Variable	0.0000261823
Std Error of Dependent Variable	0.0073088783
Standard Error of Estimate	0.0062093444
Sum of Squared Residuals	0.1078410158
Durbin-Watson Statistic	2.0000

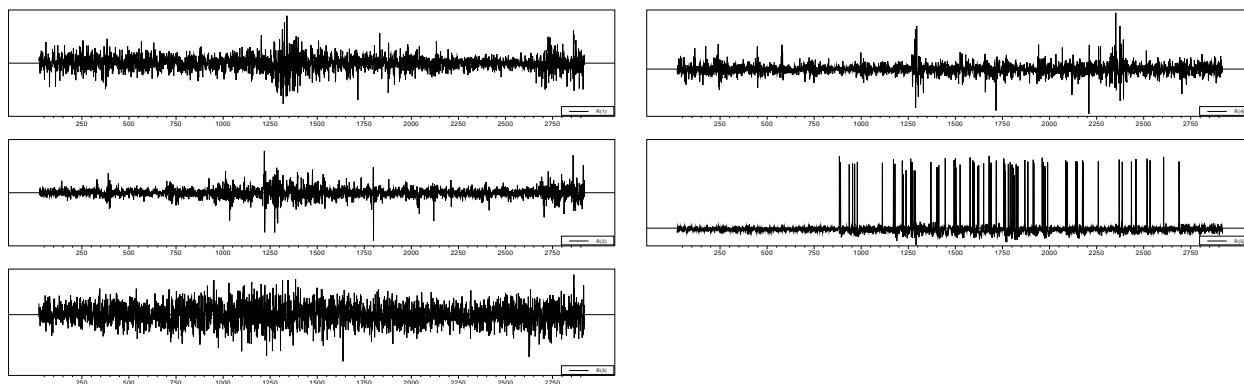
**Tabla 39 :** Matriz de Varianzas y Covarianzas VAR (trm – Poil – Order Flow – EMBI - Doil) 2003 - 2015

	DLX	DLY	O	DLE	DLT
DLX	0.00	-0.07	0.14	-0.13	-0.05
DLY	-0.00	0.00	-0.06	0.07	-0.03
O	0.39	-0.05	19,490.75	-0.05	0.01
DLE	-0.00	0.00	-0.10	0.00	0.01
DLT	-0.00	-0.00	0.02	0.00	0.00

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

El modelo con 20 rezagos para cada variable cumple parcialmente los supuestos de normalidad como se puede ver en el siguiente gráfico, de modo que se pueden realizar los ejercicios de impulso respuesta para evaluar la velocidad de apreciación o depreciación de la tasa de cambio en el periodo 2003 – 2015.

<sup>48</sup> DLX: Primera diferencia del logaritmo del precio del petróleo  
 DLY: Primera diferencia del logaritmo de la tasa de cambio.  
 O: “Order Flow”  
 DLE: Primera diferencia del logaritmo del índice EMBI (Riesgo País).  
 DLT: Primera diferencia del logaritmo de la tasa interbancaria.  
 DOIL: Descubrimientos petroleros.

**Gráfico 34 :** Residuales Modelo 20 VAR (trm – Poil – Order Flow – EMBI - TIB) 2003 - 2015

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

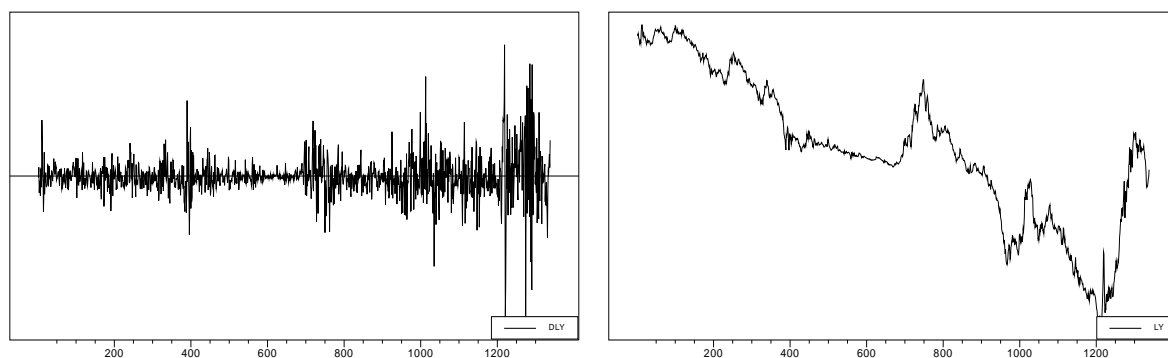


## I. Modelos y Análisis auxiliares VAR de periodicidad diaria

### I.1. Ventana Diaria 2003 – 2008

La revisión preliminar de las series con el fin de determinar la existencia de raíces unitarias y por consiguiente la necesidad de diferenciación para la modelación mediante vectores autorregresivos. Dado que el método gráfico es insuficiente en algunas de las series a trabajar, se procede a realizar la prueba Dickey Fuller Aumentada para testear la hipótesis nula de raíz unitaria. Se muestran los gráficos para el logaritmo de la tasa de cambio, el precio del petróleo, el “*Order Flow*”, el Índice de Riesgo País (EMBI), y la tasa interbancaria. Adicionalmente se muestra la prueba Dickey Fuller para la versión de la variable que garantice la no existencia de raíz unitaria. De este modo, como se puede comprobar en las siguientes tablas y gráficos, las series son  $I(1)$  y se procede a modelar las variables en logaritmos y primeras diferencias.

**Gráfico 35 :** Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 40 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLY	*
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level 0.050.	*
*****	
Using data from 2 to 1338	
Adding lag 0	
Adding lag 1	
Adding lag 2	

```

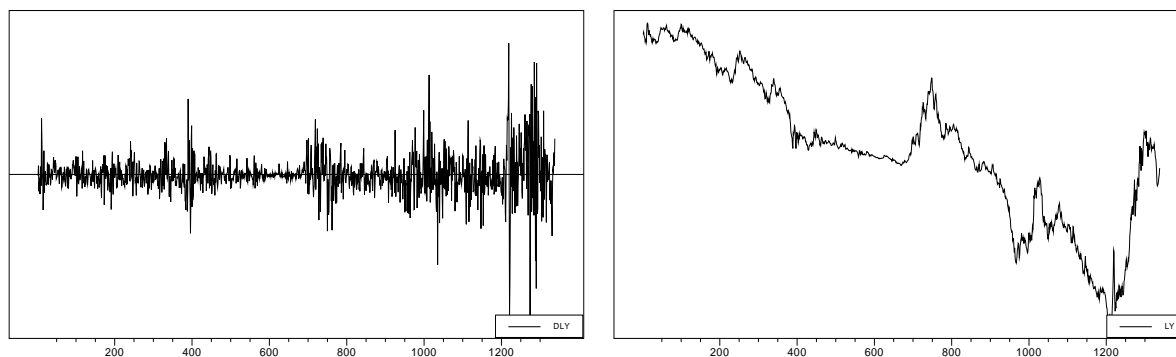
*****
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLY WITH 2 LAGS:-21.9566 *
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE:   -1.9396 *
*****

```

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para la Tasa de Cambio en el periodo 2003 – 2008, su logaritmo muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia del logaritmo de la tasa de cambio, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 36 :** Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 41 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008

```

*****
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLX *
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *
* residual serial correlation at level 0.050. *
*****

```

Using data from 2 to 1338

Adding lag 0

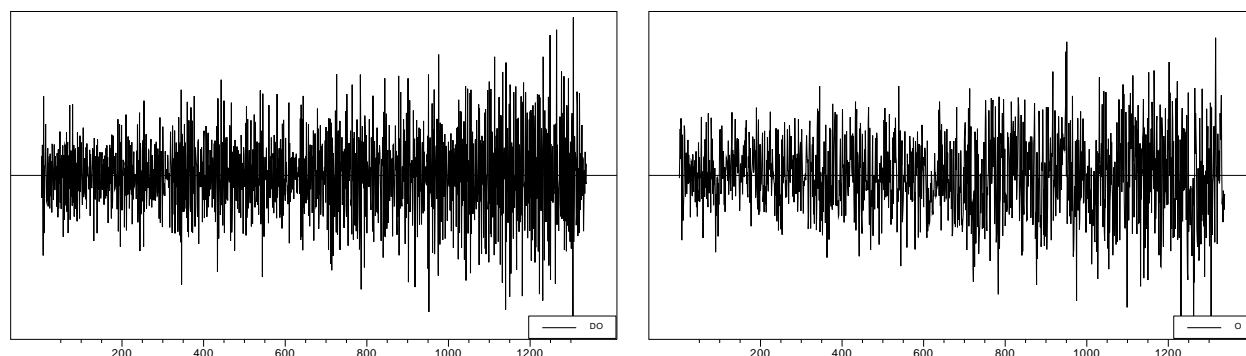
```

*****
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLX WITH 0 LAGS:-38.9070 *
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE:   -1.9396 *
*****

```

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para el precio del petróleo en el periodo 2003 – 2008, su logaritmo muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia del logaritmo del precio del petróleo, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 37 :** “Order Flow” en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

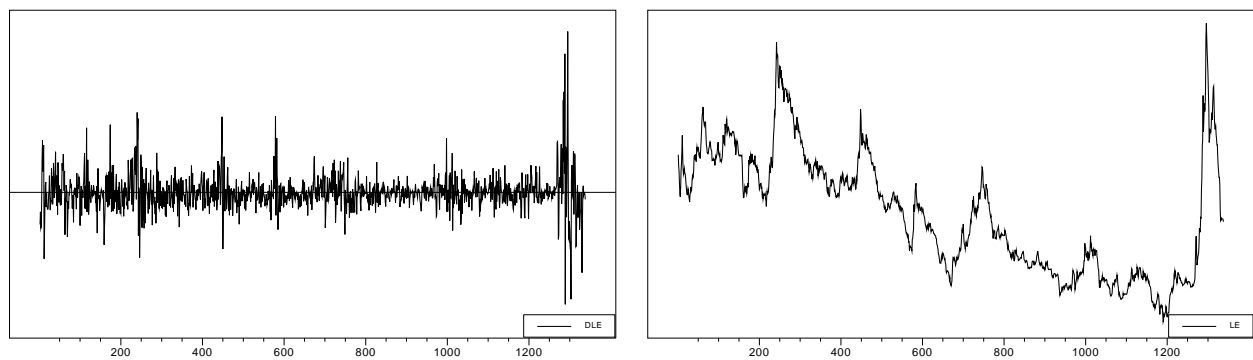
**Tabla 42 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para “Order Flow” en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN O *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level 0.050. *	
*****	
Using data from 1 to 1338	
Adding lag 0	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR O WITH 0 LAGS: -34.5556 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9396 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para el “*Order Flow*” en el periodo 2003 – 2008, su nivel muestra no tener raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

Gráfico 38 : Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008



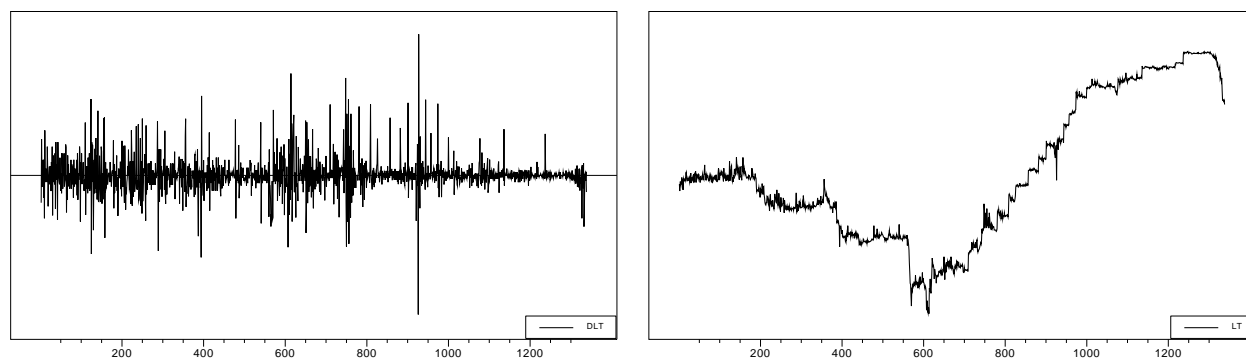
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Tabla 43 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLE *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level0.050. *	
*****	
Using data from 2 to 1338	
Adding lag 0	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLE WITH 0 LAGS:-29.5984 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9396 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para el EMBI en el periodo 2003 – 2008, su logaritmo muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia del logaritmo del EMBI, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 39 : Tasa Interbancaria en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

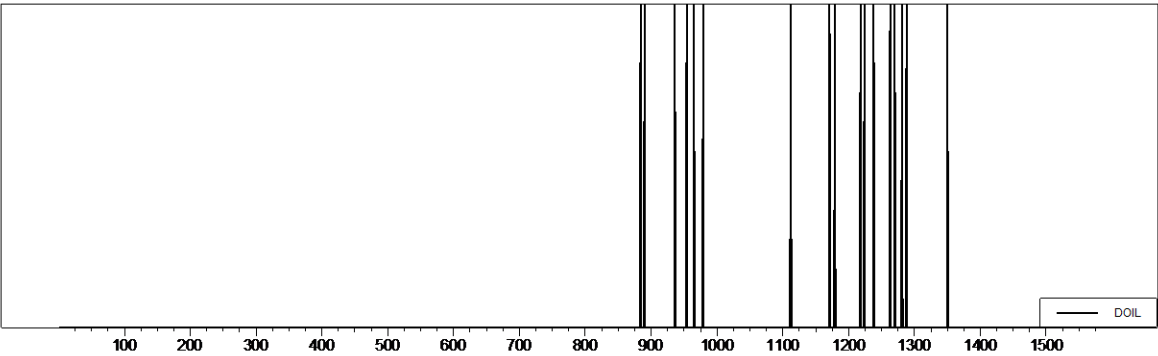
**Tabla 44 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa Interbancaria en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008**

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLT *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level 0.050. *	
*****	
Using data from 2 to 1338	
Adding lag 0	
Adding lag 1	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLT WITH 1 LAGS: -33.9090 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9396 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para la Tasa Interbancaria en el periodo 2003 – 2008, su logaritmo muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia del logaritmo de la Tasa Interbancaria, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

Gráfico 40 : Descubrimientos Petroleros 2005 – 2008



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Tabla 45 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Descubrimientos Petroleros 2005 - 2008

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DOIL *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level0.050. *	
*****	
Using data from 1 to 1581	
Adding lag 0	
Adding lag 1	
Adding lag 2	
Adding lag 3	
Adding lag 4	
Adding lag 5	
Adding lag 6	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DOIL WITH 6 LAGS-11.9431 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9396 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Los descubrimientos petroleros, muestran ser estacionarios en su nivel natural, de modo que se trabajará con su nivel en los modelos a estimar para el periodo 2005 - 2008

## I.2. Modelo VAR 2003 - 2008

En esta sección se presenta el modelo VAR para el periodo 2003 – 2008, la selección de rezagos se realizó con el criterio de normalidad y no auto correlación, es decir, se seleccionaron los rezagos suficientes para que los residuales cumplieran el supuesto de distribución normal y no auto correlación de los residuales<sup>49</sup>. Mediante esta metodología se encontró que la tasa interbancaria no tenía una significancia estadística en la explicación de las variaciones en la tasa de cambio, de modo que se procedió a aplicar la metodología sin la variable de tasa interbancaria. Se puede observar que el modelo estimado con las variables: precio del petróleo, “*Order Flow*”, el riesgo país, y los anuncios de descubrimientos petroleros, cuenta con coeficientes significativos para explicar las variaciones de corto plazo de la tasa de cambio. El modelo no presenta auto correlación entre los residuales.

El modelo resultante fue el siguiente<sup>50</sup>:

**Tabla 46 : Modelo VAR 2003 - 2008<sup>51</sup>**

Dependent Variable DLY	
Mean of Dependent Variable	-0.000190937
Std Error of Dependent Variable	0.007244933
Standard Error of Estimate	0.005820988
Sum of Squared Residuals	0.0420160437
Durbin-Watson Statistic	1.9995

F-Tests, Dependent Variable DLY		
Variable	F-Statistic	Signif
*****		
DLX	3.0426	0.0000472
DLY	4.3541	0.0000000
O	14.1055	0.0000000
DLE	13.6013	0.0000000
DOIL	2.8555	0.0001331

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

<sup>49</sup> La cantidad óptima de rezagos para el periodo 2003 – 2008 fue de 16. La depuración de rezagos no se realizó desacatando los coeficientes no significativos de las ecuaciones, debido a la sencilla razón que un coeficientes con cierto rezago puede ser importante para explicar a un par de variables pero las otras no, de modo que ese fue un criterio central para la selección y descarte de rezagos.

<sup>50</sup> Dado que nuestra variable explicada de interés es la tasa de cambio, se presentan en el cuerpo del documento las pruebas de significancia conjunta para la tasa de cambio como variable explicada. En el anexo 2 se presentan los resultados completos del modelo VAR estimado incorporando todos los coeficientes y su significancia individual.

<sup>51</sup> DLX: Primera diferencia del logaritmo del precio del petróleo  
DLY: Primera diferencia del logaritmo de la tasa de cambio.  
O: “*Order Flow*”

DLE: Primera diferencia del logaritmo del índice EMBI(Riesgo País).

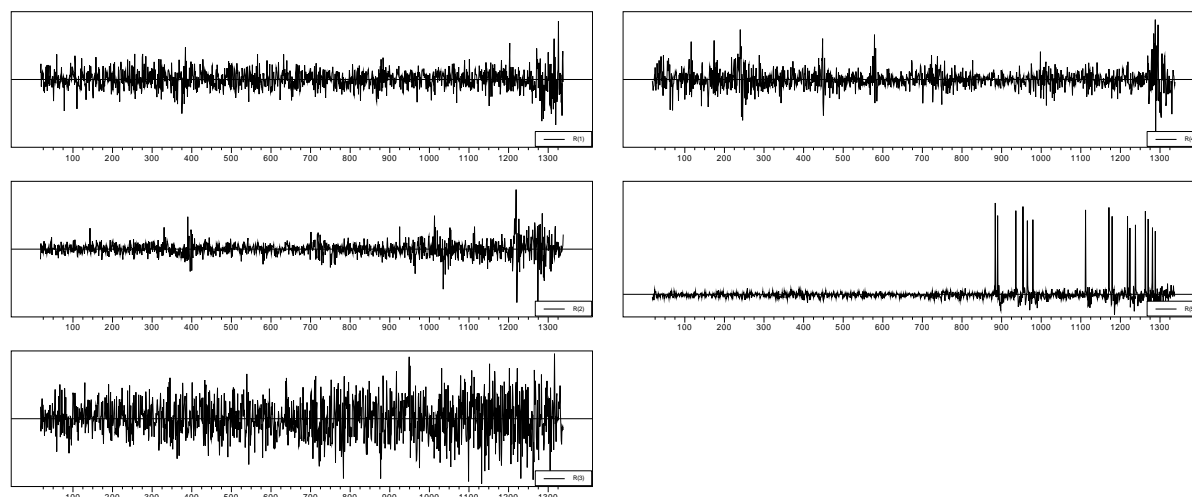
DOIL: Variable dicotómica que toma el valor de 1 cuando se anunciaron descubrimientos petroleros.

**Tabla 47 :** Matriz de Varianzas y Covarianzas VAR (trm – Poil – Order Flow - EMBI) 2003 - 2008

	DLX	DLY	O	DLE	DOIL
DLX	0.00	0.04	0.04	-0.17	-0.07
DLY	0.00	0.00	-0.03	-0.08	0.00
O	0.12	-0.03	20,384.70	-0.19	0.02
DLE	-0.00	-0.00	-0.29	0.00	0.05
DOIL	-0.00	0.00	0.23	0.00	0.01

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

El modelo con 16 rezagos para cada variable cumple los supuestos de normalidad como se puede ver en el siguiente gráfico, de modo que se pueden realizar los ejercicios de impulso respuesta para evaluar la velocidad de apreciación o depreciación de la tasa de cambio en el periodo 2003 – 2008.

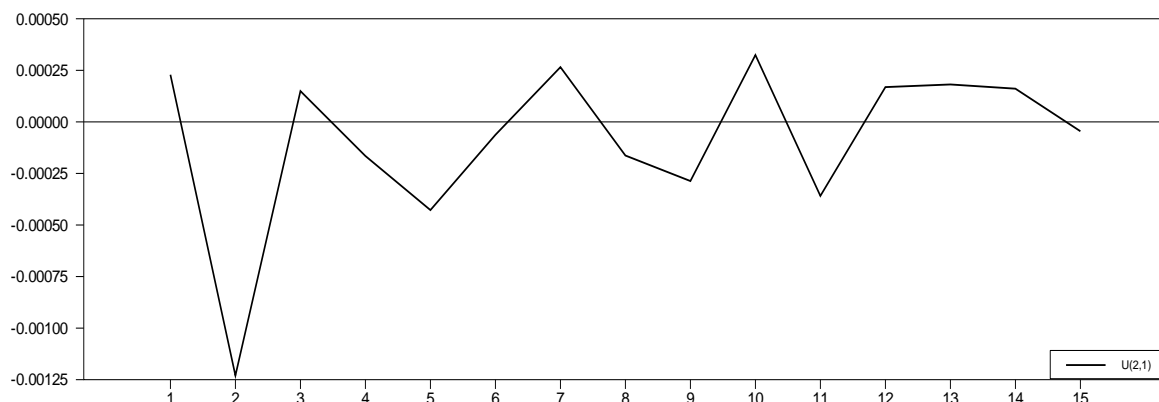
**Gráfico 41 :** Residuales Modelo 19 VAR (trm – Poil – Order Flow – EMBI - Doil) 2003 - 2008

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Los ejercicios de impulso respuesta que se pueden observar en el siguiente gráfico muestran una respuesta en términos de dos días de la tasa de cambio de corto plazo frente a un incremento en una desviación estándar de la variación del precio del petróleo. La respuesta inicial es una apreciación, sin embargo, consistentemente con los modelos ARIMAX de las secciones anteriores, la direccionalidad en el tiempo no es definida, y la respuesta se da en términos especulativos, más que en una respuesta estructural de la tasa de cambio.



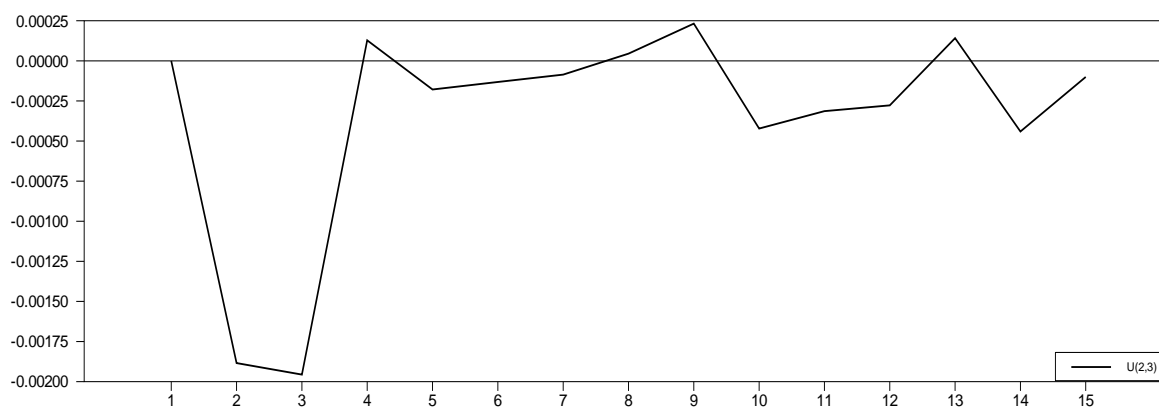
**Gráfico 42 :** Impulso Respuesta de la tasa de cambio frente a choque en precio del petróleo 2003 - 2008



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

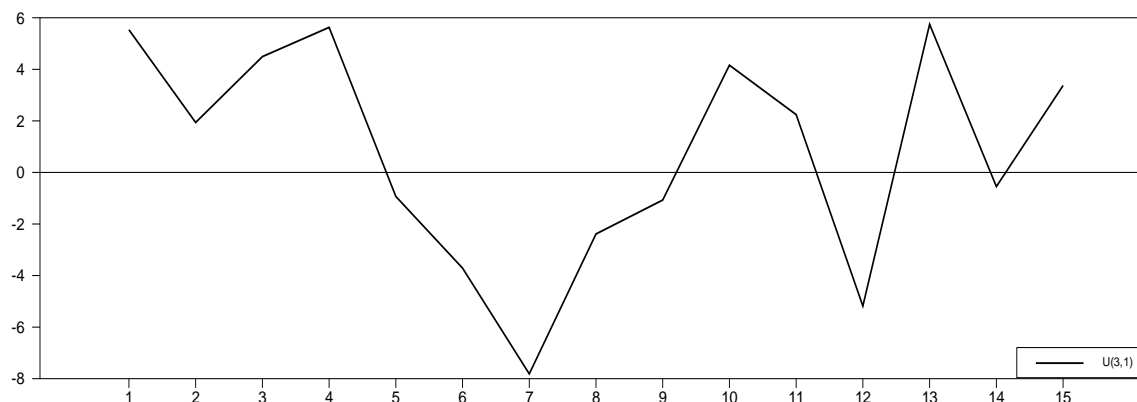
La respuesta de la tasa de cambio ante un incremento en el “*Order Flow*”, es decir, un número de transacciones iniciadas por oferta superiores a las iniciadas por una demanda, como es de esperar en un mercado común, es una apreciación de la tasa de cambio dada una sobreoferta temporal de divisas. Sin embargo *Ceteris Paribus*, después del tercer día del choque el efecto se desvanece. Lo importante de este resultado es encontrar una respuesta en términos de días de la tasa de cambio ante el “*Order Flow*”, sin embargo, este “*Order Flow*” recoge parte del choque en precios del petróleo, lo cual se observará en el siguiente impulso respuesta.

**Gráfico 43 :** Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “k”



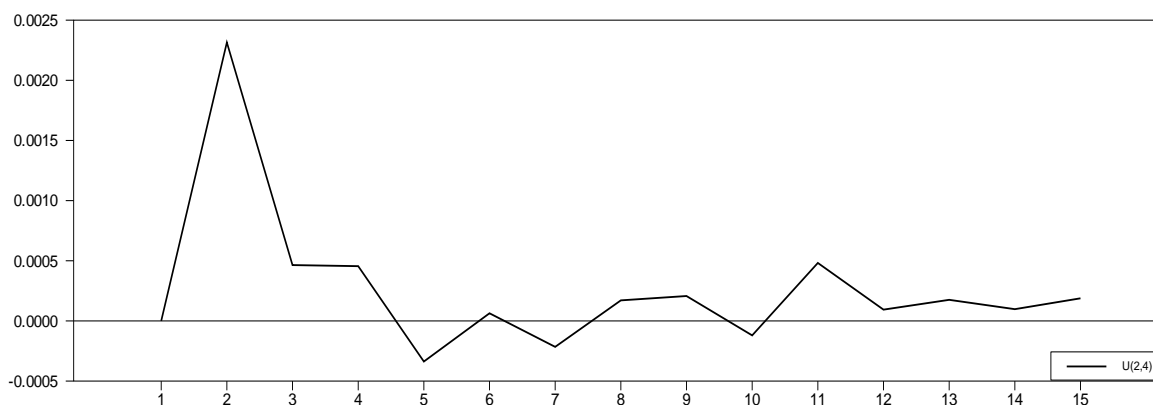
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

El “*Order Flow*” responde positivamente ante un choque positivo en los precios del petróleo durante los primeros cuatro días después del choque, no obstante, entre el quinto día y el día 14, se observa un comportamiento especulativo en la dinámica de los volúmenes de transacciones de dólares. EL resultado clave de este hecho, es que una parte del choque petrolero se traspasa a la tasa de cambio vía cambios en el “*Order Flow*”.

**Gráfico 44 :** Impulso respuesta del “Order Flow” frente a choque en Precio del Petróleo”

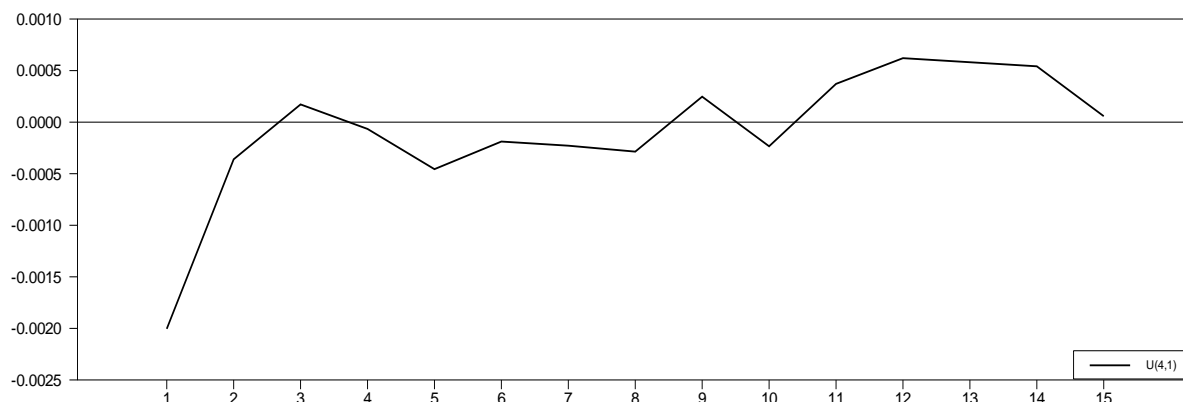
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Igualmente como se puede observar en el siguiente gráfico, la respuesta de la tasa de cambio ante un deterioro de la percepción de sostenibilidad de la deuda soberana (un choque positivo en el índice EMBI) muestra un proceso de depreciación el día siguiente del choque, no obstante el choque se desvanece después del cuarto día. Si el choque fuera negativo, es decir, una reducción del riesgo país el efecto sería simétrico con el sentido contrario.

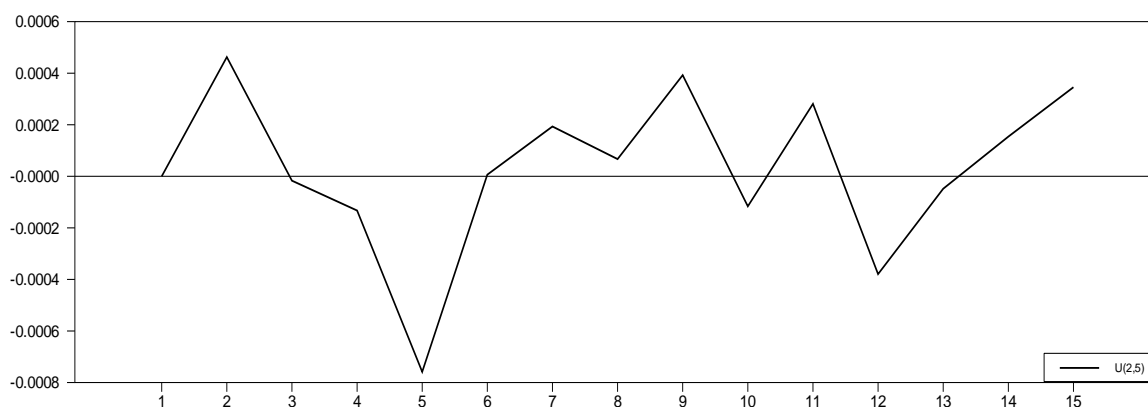
**Gráfico 45 :** Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “Riesgo País”

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Al igual que el “Order Flow” en la respuesta de la tasa de cambio, el Índice de Riesgo país tiene en sí, una proporción del choque del petróleo que no se traspasa directamente a la tasa de cambio. En la siguiente gráfica se observa la respuesta del EMBI ante un choque positivo en el precio del petróleo. De forma concisa, el aumento el precio del petróleo, disminuye el riesgo país, probablemente por la expectativa de mayores ingresos en el mediano plazo, empero, el efecto del choque se desvanece al tercer día.

**Gráfico 46 :** Impulso respuesta del Riesgo País frente a choque en precio del petróleo

Finalmente para el periodo 2003 – 2008 el modelo estimado muestra cómo un choque en los descubrimientos de petróleo, genera una pequeña apreciación en términos de dos días después del descubrimiento, a los cinco días, cuando la información ha sido divulgada de forma más profunda, se produce una depreciación significativa de la tasa de cambio, no obstante, después de estos primeros cinco días, la respuesta de la tasa de cambio “Ceteris Paribus” da muestra de comportamientos especulativos en el mercado cambiario de corto plazo.

**Gráfico 47 :** Impulso respuesta de la Tasa de Cambio frente a choque en un descubrimiento petrolero en el periodo 2003 - 2008

Con estos resultados se podría decir que para el periodo 2003 – 2008, la tasa de cambio si respondió ante cambios en los precios del petróleo con apreciaciones en término de uno o dos días, no obstante, tal y como se observó en los modelos ARIMAX de la primera sección, el efecto no guarda una direccionalidad precisa en términos diarios. Así mismo, la tasa de cambio mostró una respuesta ante los descubrimientos petroleros en términos de días, con una respuesta más fuerte hacia la apreciación de la tasa de cambio en un periodo aproximado de cinco días, empero, después de estos primeros momentos los movimientos de respuesta mostraron un claro componente especulativo.

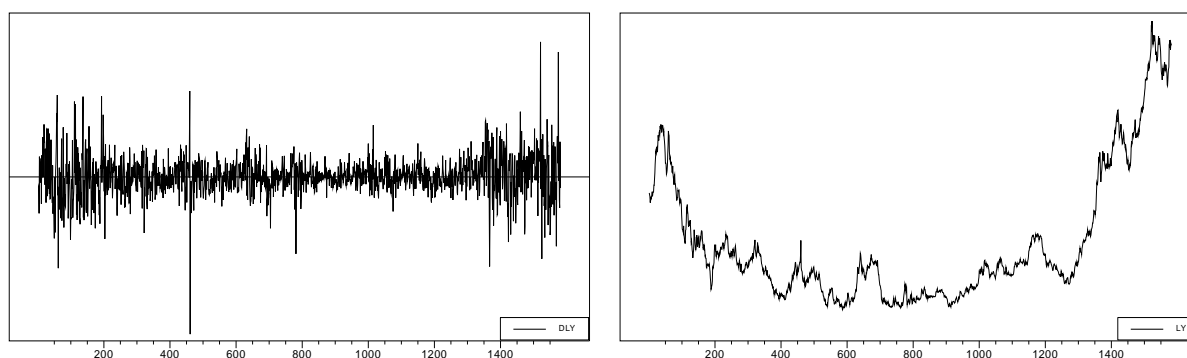
A continuación se analizará el periodo 2009 – 2015 con datos diarios.

### I.3. Ventana Diaria 2009 – 2015

De la misma forma como se trabajó con el periodo 2003 – 2008, para el periodo 2009 – 2015 se realizó la revisión preliminar de las series con el fin de determinar la existencia de raíces unitarias y por consiguiente la necesidad de diferenciación para la modelación mediante vectores autorregresivos.

Se procedió a realizar la prueba Dickey Fuller Aumentada para testear la hipótesis nula de raíz unitaria. Se muestran los gráficos para el logaritmo de la tasa de cambio, el precio del petróleo, el “*Order Flow*”, el Índice de Riesgo País (EMBI), y la tasa interbancaria. Adicionalmente se muestra la prueba Dickey Fuller para la versión de la variable que garantice la no existencia de raíz unitaria. De este modo, se puede ver que las series son  $I(1)$ , salvo el “*Order Flow*”, y se procede a modelar las variables en niveles, logaritmos y primeras diferencias.

**Gráfico 48** : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2009 - 2015



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

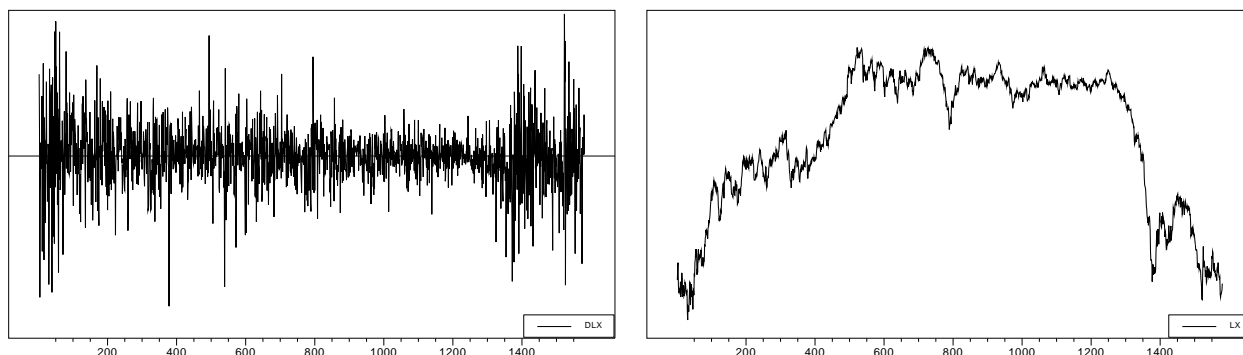
**Tabla 48** : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa de Cambio en primeras diferencias 2009 - 2015

*****
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLY *
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *
* residual serial correlation at level 0.050. *
*****
Using data from 2 to 1581
Adding lag 0
*****
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLY WITH 0 LAGS:-32.5007 *
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9396 *
*****

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para la Tasa de Cambio en el periodo 2009 – 2015, su logaritmo muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia del logaritmo de la tasa de cambio, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 49 :** Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2009 - 2015



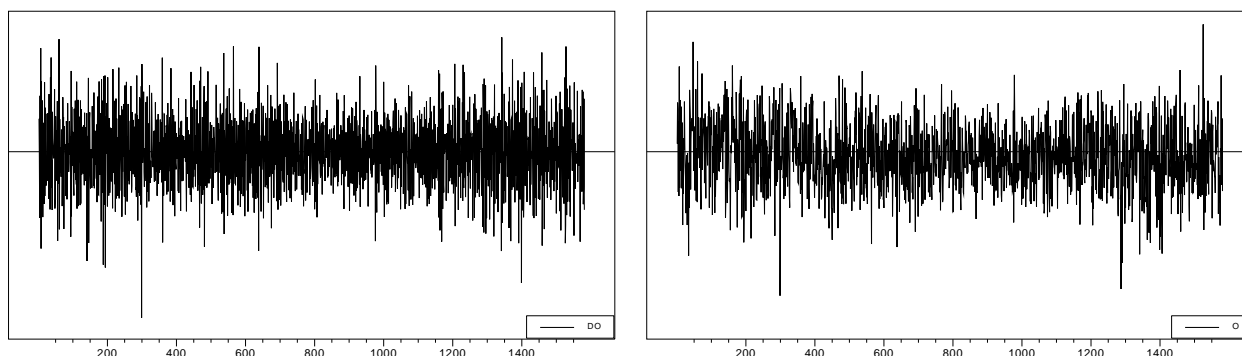
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 38.** Prueba Dickey Fuller Aumentada para Precio del Petróleo en primeras diferencias 2009 - 2015

*****
<b>* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLX *</b>
<b>* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *</b>
<b>* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *</b>
<b>* residual serial correlation at level 0.050. *</b>
*****
<b>Using data from 2 to 1581</b>
<b>Adding lag 0</b>
*****
<b>* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLX WITH 0 LAGS:-40.8362 *</b>
<b>* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9396 *</b>
*****

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para el precio del petróleo en el periodo 2009 – 2015, su logaritmo muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia del logaritmo del precio del petróleo, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 50 :** “Order Flow” en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008

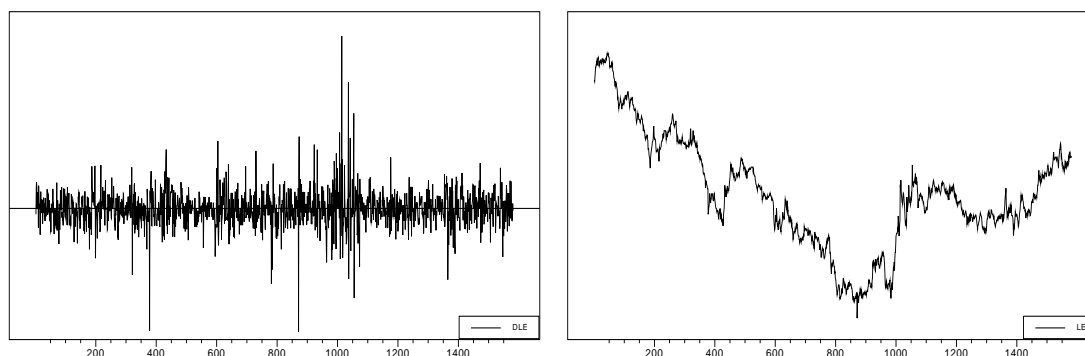
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 49 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para “Order Flow” 2009 - 2015

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN O *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level 0.050. *	
*****	
Using data from 1 to 1581	
Adding lag 0	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR O WITH 0 LAGS: -36.8988 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9396 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para el “Order Flow” en el periodo 2009 – 2015, su nivel muestra no tener raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba Dickey Fuller es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia, de modo que para el modelo 2008 – 2015 se utilizará el “Order Flow” en sus niveles naturales.

**Gráfico 51 :** Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2009 - 2015

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

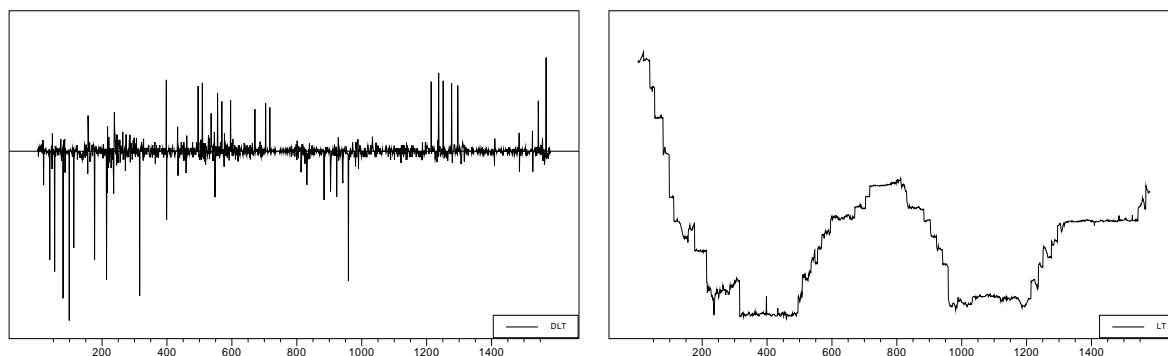
**Tabla 50 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para Riesgo País (EMBI) en primeras diferencias 2009 – 2015

*****
<b>* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLE *</b>
<b>* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *</b>
<b>* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *</b>
<b>* residual serial correlation at level 0.050. *</b>
*****
Using data from 2 to 1581
Adding lag 0
*****
<b>* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLE WITH 0 LAGS:-38.0562 *</b>
<b>* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9396 *</b>
*****

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para el EMBI en el periodo 2009 – 2015, su logaritmo muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia del logaritmo del EMBI, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 52 :** Tasa Interbancaria en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

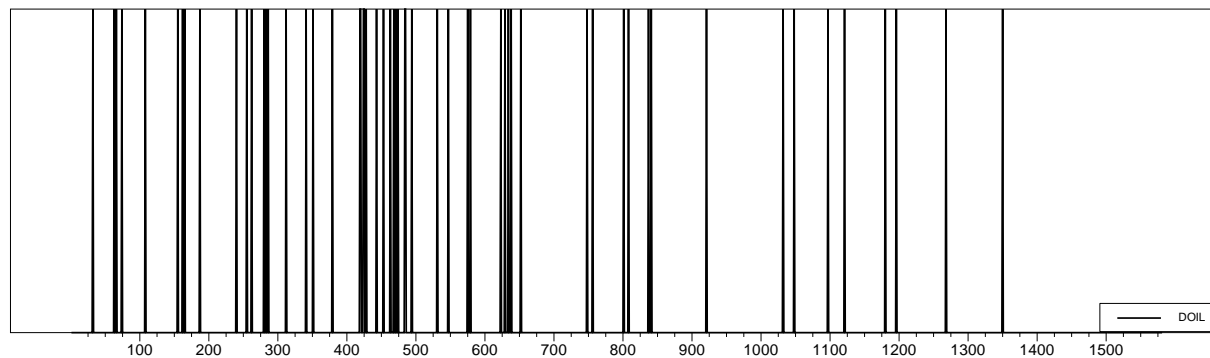
**Tabla 51 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa Interbancaria en primeras diferencias 2003 - 2008

*****
<b>* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLT *</b>
<b>* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *</b>
<b>* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *</b>
<b>* residual serial correlation at level 0.050. *</b>
*****
Using data from 2 to 1581
Adding lag 0
*****
<b>* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLT WITH 0 LAGS:-40.3152 *</b>
<b>* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9396 *</b>
*****

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para la Tasa Interbancaria en el periodo 2009 – 2015, su logaritmo muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia del logaritmo de la Tasa Interbancaria, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 53 : Descubrimientos Petroleros 2009 – 2015**



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 52 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Descubrimientos Petroleros 2009 - 2015**

*****
<b>* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DOIL *</b>
<b>* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *</b>
<b>* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *</b>
<b>* residual serial correlation at level 0.050. *</b>
*****
<b>Using data from 1 to 1581</b>
<b>Adding lag 0</b>
<b>Adding lag 1</b>
<b>Adding lag 2</b>
*****
<b>* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DOIL WITH 2 LAGS-19.9150 *</b>
<b>* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9396 *</b>
*****

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Los descubrimientos petroleros, muestran ser estacionarios en su nivel natural, de modo que se trabajará con su nivel en los modelos a estimar para el periodo 2009 - 2015



### I.3. Modelo VAR 2009 – 2015 datos diarios

En esta sección se presenta el modelo VAR para el periodo 2009 – 2015, la selección de rezagos se realizó con el criterio de normalidad y no auto correlación, es decir, se seleccionaron los rezagos suficientes para que los residuales cumplieran el supuesto de distribución normal y no auto correlación de los residuales<sup>52</sup>. Mediante esta metodología se encontró que los descubrimientos petroleros no tenían una significancia estadística en la explicación de las variaciones en la tasa de cambio durante el periodo. Se puede observar que el modelo estimado con las variables: precio del petróleo, “*Order Flow*”, el riesgo país, y la tasa interbancaria, cuenta con coeficientes significativos para explicar las variaciones de corto plazo de la tasa de cambio en el periodo 2009 – 2015. El modelo no presenta auto correlación entre los residuales.

El modelo resultante fue el siguiente<sup>53</sup>:

**Tabla 53 :** Modelo VAR 2009 – 2015 datos diarios <sup>54</sup>

Dependent Variable DLY		
Mean of Dependent Variable	0.0001988054	
Std Error of Dependent Variable	0.0073598728	
Standard Error of Estimate	0.0061937215	
Sum of Squared Residuals	0.0585023343	
Durbin-Watson Statistic	2.0051	
F-Tests, Dependent Variable DLY		
Variable	F-Statistic	Signif
*****		
DLX	22.3015	0.0000000
DLY	1.4786	0.1503310
O	21.1466	0.0000000
DLE	7.9064	0.0000000
DLT	2.6901	0.0041835

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

<sup>52</sup> La cantidad óptima de rezagos fue de 9. La depuración de rezagos no se realizó descatando los coeficientes no significativos de las ecuaciones, debido a la sencilla razón que un coeficientes con cierto rezago puede ser importante para explicar a un par de variables pero las otras no, de modo que ese fue un criterio central para la selección y descarte de rezagos.

<sup>53</sup> Dado que nuestra variable explicada de interés es la tasa de cambio, se presentan en el cuerpo del documento las pruebas de significancia conjunta para la tasa de cambio como variable explicada. En el anexo 3 se presentan los resultados completos del modelo VAR estimado incorporando todos los coeficientes y su significancia individual.

<sup>54</sup> DLX: Primera diferencia del logaritmo del precio del petróleo

DLY: Primera diferencia del logaritmo de la tasa de cambio.

O: “*Order Flow*”

DLE: Primera diferencia del logaritmo del índice EMBI (Riesgo País).

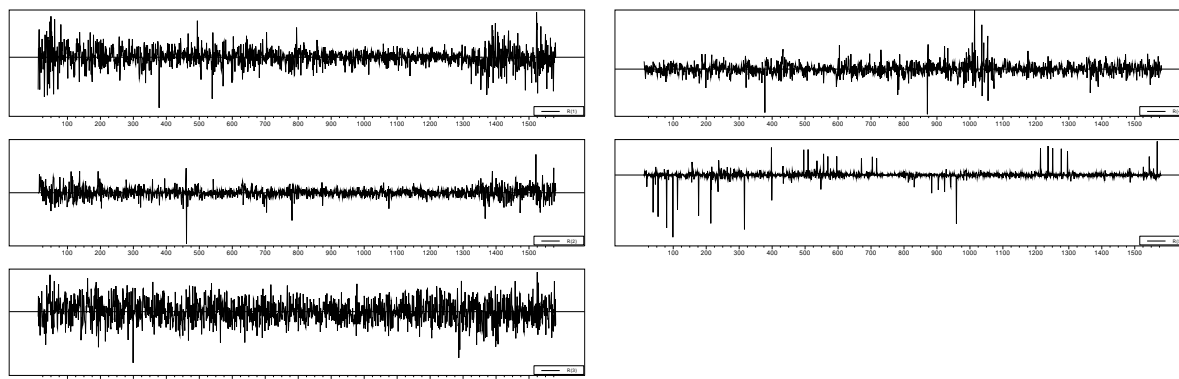
DLT: Primera diferencia del logaritmo de la tasa interbancaria.

**Tabla 54 :** Matriz de Varianzas y Covarianzas VAR (trm – Poil – Order Flow - EMBI) 2003 - 2008

	DLX	DLY	O	DLE	DLT
DLX	0.00	-0.07	0.14	-0.13	-0.05
DLY	-0.00	0.00	-0.06	0.07	-0.03
O	0.39	-0.05	19,490.75	-0.05	0.01
DLE	-0.00	0.00	-0.10	0.00	0.01
DLT	-0.00	-0.00	0.02	0.00	0.00

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

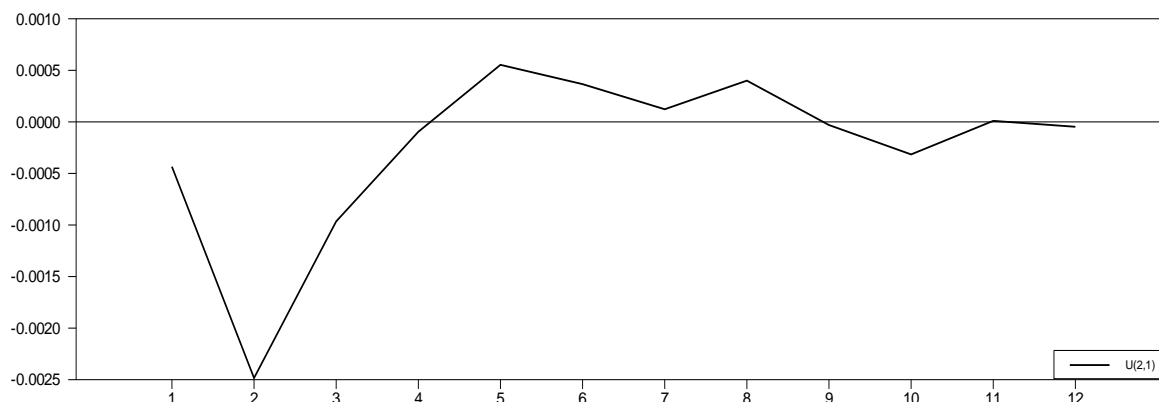
El modelo con 10 rezagos para cada variable cumple los supuestos de normalidad como se puede ver en el siguiente gráfico, de modo que se pueden realizar los ejercicios de impulso respuesta para evaluar la velocidad de apreciación o depreciación de la tasa de cambio en el periodo 2009 – 2015.

**Gráfico 54 :** Residuales Modelo 20 VAR (trm – Poil – Order Flow – EMBI - TIB) 2009 - 2015

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Los ejercicios de impulso respuesta que se pueden observar en los siguientes gráficos, al igual que los ejercicios realizados para el periodo 2003 – 2008, muestran una respuesta en términos de dos días de la tasa de cambio de corto plazo frente a un incremento en una desviación estándar de la variación del precio del petróleo para el periodo 2009 - 2015. La respuesta inicial es una depreciación del tipo de cambio, después de la cual, la respuesta se da en términos especulativos lo cual no permite observar si existe una direccionalidad en la respuesta de la tasa de cambio ante incrementos en el precio del petróleo, es decir, si existe una persistencia en términos de días en los niveles de la tasa de cambio.

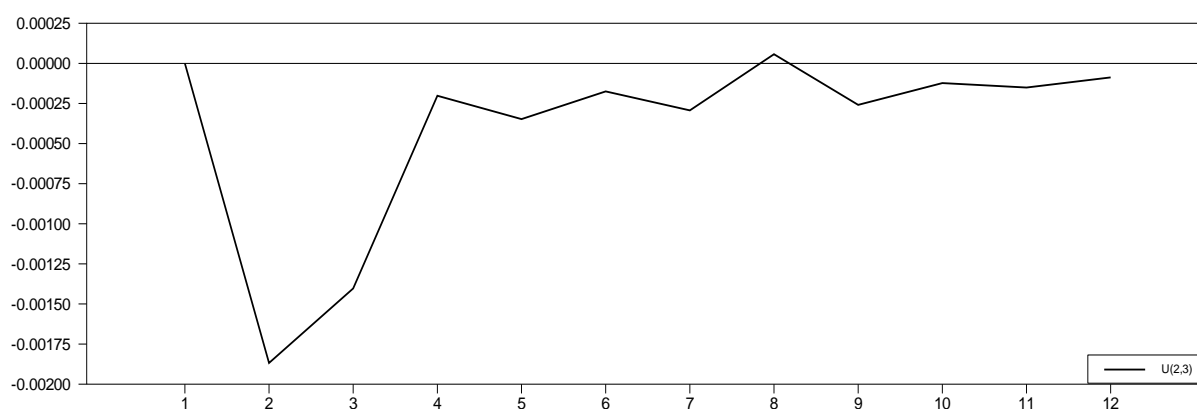
**Gráfico 55 :** Impulso Respuesta de la tasa de cambio frente a choque en precio del petróleo 2009 - 2015



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

La respuesta de la tasa de cambio ante un incremento en el “*Order Flow*”, es decir, un número de transacciones iniciadas por oferta superiores a las iniciadas por una demanda, como es de esperar en un mercado común, es una apreciación de la tasa de cambio dada una sobreoferta temporal de divisas. El efecto al parecer se desvanece levemente después del cuarto día del choque, y en el periodo 2009 – 2015 no parece generar depreciaciones leves con objetivo especulativo. Lo importante de este resultado es encontrar una respuesta en términos de días de la tasa de cambio ante el “*Order Flow*”, sin embargo, este “*Order Flow*” recoge parte del choque en precios del petróleo, lo cual se observará en el siguiente impulso respuesta.

**Gráfico 56 :** Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “*Order Flow*” 2009 - 2015

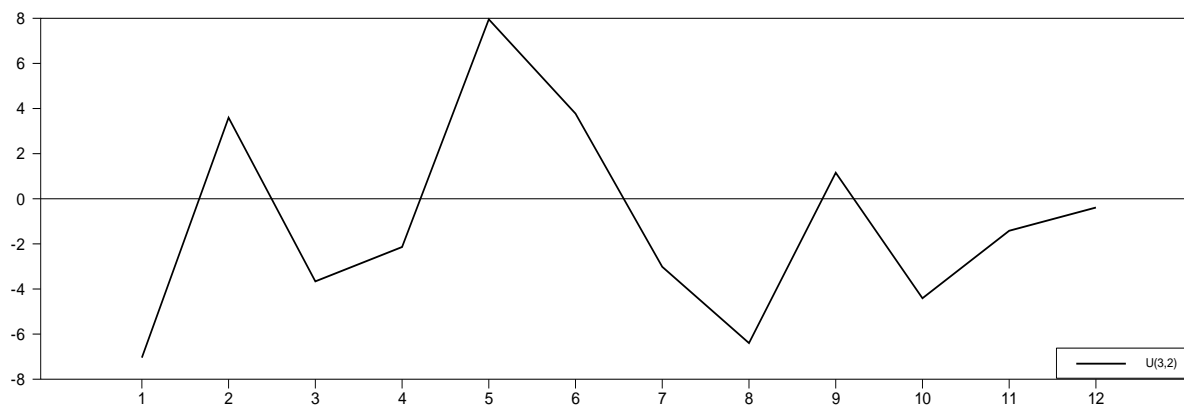


Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Analizando la respuesta del “*Order Flow*” ante los precios del petróleo, se encuentra que este responde de forma oscilante ante un choque en los precios del petróleo. Durante los primeros siete días después del choque existe un sesgo hacia el incremento en la oferta

de dólares, no obstante, entre el octavo y el onceavo día, se presenta un proceso de apreciación. El resultado clave de este hecho, así como en la ventana 2003 - 2008 es que una parte del choque petrolero se traspasa a la tasa de cambio vía cambios en el “*Order Flow*”.

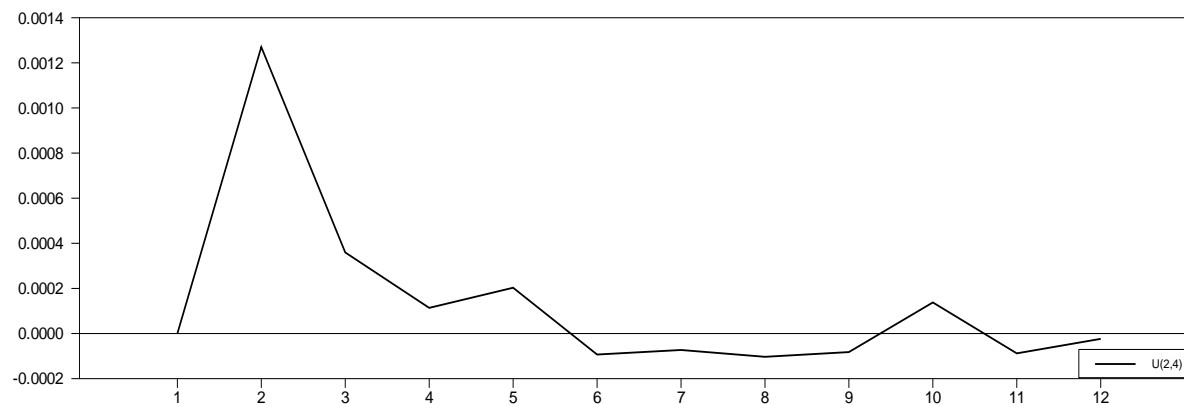
**Gráfico 57 :** Impulso respuesta del “Order Flow” frente a choque en Precio del Petróleo” 2009 - 2015



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Igualmente, en el siguiente gráfico se puede observar la respuesta de la tasa de cambio ante un deterioro de la percepción de sostenibilidad de la deuda soberana (un choque positivo en el índice EMBI). Ante tal choque, se presenta un proceso de depreciación el día siguiente del choque, no obstante el choque se desvanece después del cuarto día al igual que en el modelo de 2003 a 2008. Si el choque fuera negativo, es decir, una reducción del riesgo país, el efecto sería simétrico.

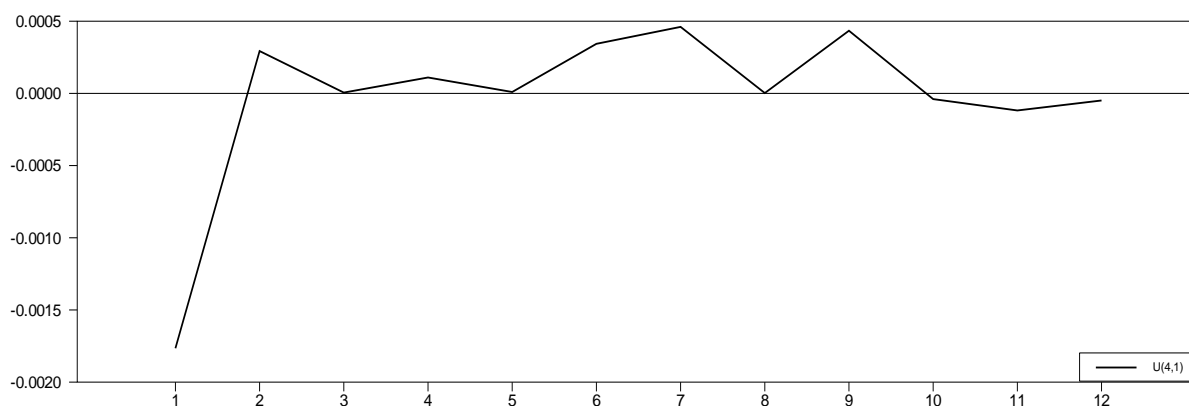
**Gráfico 58 :** Impulso respuesta de la tasa de cambio frente a choque en “Riesgo País”



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

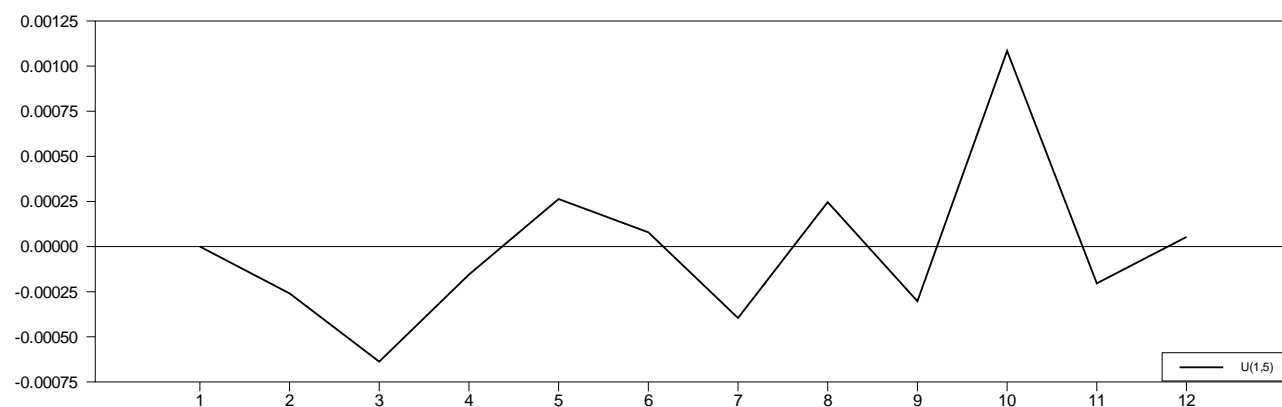
Al igual que el “*Order Flow*” en la respuesta de la tasa de cambio, el índice de riesgo país (EMBI) tiene en sí, una proporción del choque del petróleo que no se traspasa directamente a la tasa de cambio, sino que se transmite vía EMBI. En la siguiente gráfica se observa la respuesta del EMBI ante un choque positivo en el precio del petróleo. De forma concisa, y en concordancia con lo observado en la ventana 2003 – 2008, el aumento el precio del petróleo, disminuye el riesgo país, probablemente por la expectativa de mayores ingresos en el mediano plazo, empero, el efecto del choque se desvanece al segundo día.

**Gráfico 59 :** Impulso respuesta del Riesgo País frente a choque en precio del petróleo



Finalmente para el periodo 2009 – 2015 el modelo estimado muestra cómo un choque en la tasa interbancaria, genera una pequeña apreciación en términos de tres días después del impulso, probablemente se deba a la expectativa de mayores entradas de divisas al país por concepto de las mayores tasas de interés. A los seis días, la tasa de cambio oscila sin direccionalidad precisa, y en el décimo día se presenta una corrección hacia la depreciación de la tasa de cambio, esto bajo el supuesto “*Ceteris Paribus*”.

**Gráfico 60 :** Impulso respuesta de la Tasa de Cambio frente a choque en la tasa interbancaria en el periodo 2009 - 2015



Con estos resultados, al igual que en el perior 2003 – 2008, se podría decir que para el periodo 2009 – 2015, la tasa de cambio si respondió ante cambios en los precios del

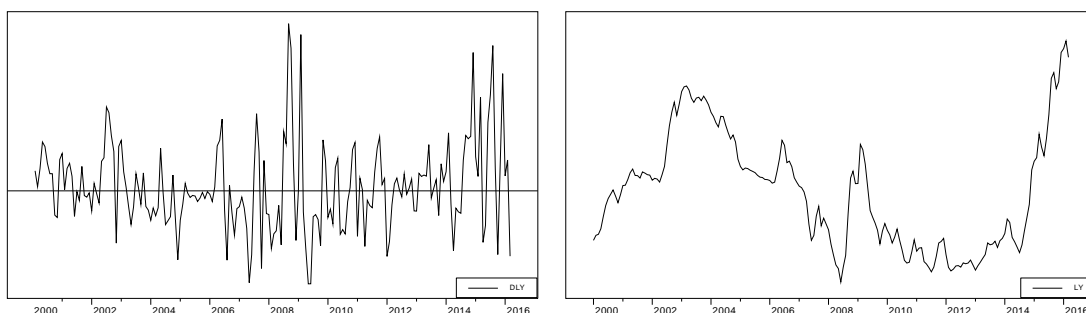
petróleo con apreciaciones en término de uno o dos días, no obstante, tal y como se observó en los modelos ARIMAX de la primera sección, el efecto no guarda una direccionalidad precisa en términos diarios, es decir, no es posible observar una persistencia hacia la apreciación frente incrementos en el precio del petróleo con periodicidad diaria. Empero, a diferencia del periodo 2003 – 2008, en e periodo 2009 – 2015 la tasa de cambio no mostró una respuesta estadísticamente significativa ante los descubrimientos petroleros del espacio de tiempo, de modo que de 2009 a 2015, los movimientos del auge del petróleo en Colombia fue principalmente movido por los cambios en las cotizaciones internacionales del crudo.

## J. Modelos ARIMAX auxiliares periodicidad mensual 2000 – 2015 y supuestos

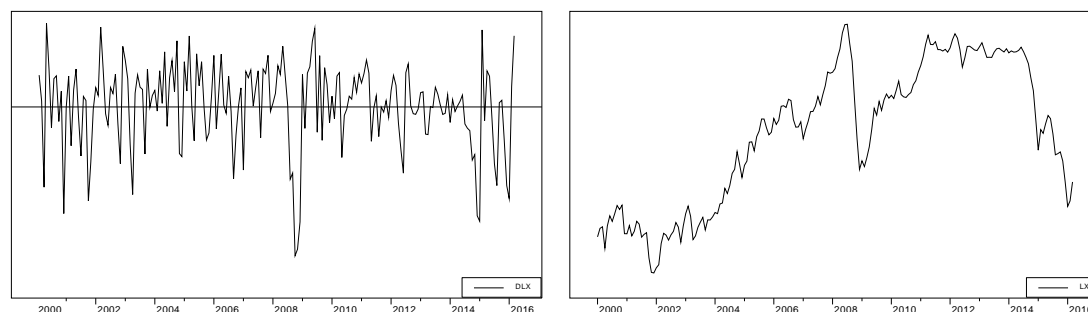
### J.1. Análisis de series

En este periodo de análisis también se puede evidenciar que tanto la tasa de cambio como el precio del petróleo referencial BRENT en el periodo 2000– 2015 son I (1) como se puede observar en los siguientes gráficos:

**Gráfico 61** : Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Gráfico 62 : Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

## J.2. Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2015

A continuación se estima el modelo ARIMA para la tasa de cambio nominal con datos mensuales en el periodo 2000 – 2015 para llevar a cabo el paso uno de la metodología utilizada en los modelos anteriores.

**Tabla 55 : Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2015**

MODELO 17 ARIMA TRM 2000 – 2015 DATOS DIARIOS
AR de TRM (0)
MA de TRM (1,8)
DIFFS (1)

Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton	
Convergence in	7 Iterations. Final criterion was 0.0000010 <= 0.0000100
Dependent Variable DLY	
Monthly Data From 2001:06 To 2016:03	
Usable Observations	178
Degrees of Freedom	175
Centered R^2	0.2025471
R-Bar^2	0.1934334
Uncentered R^2	0.2050043
Mean of Dependent Variable	0.0017515078
Std Error of Dependent Variable	0.0315940800
Standard Error of Estimate	0.0283743441
Sum of Squared Residuals	0.1408930954
Log Likelihood	383.0258
Durbin-Watson Statistic	1.9382
Q(36-2)	24.6866
Significance Level of Q	0.8790049

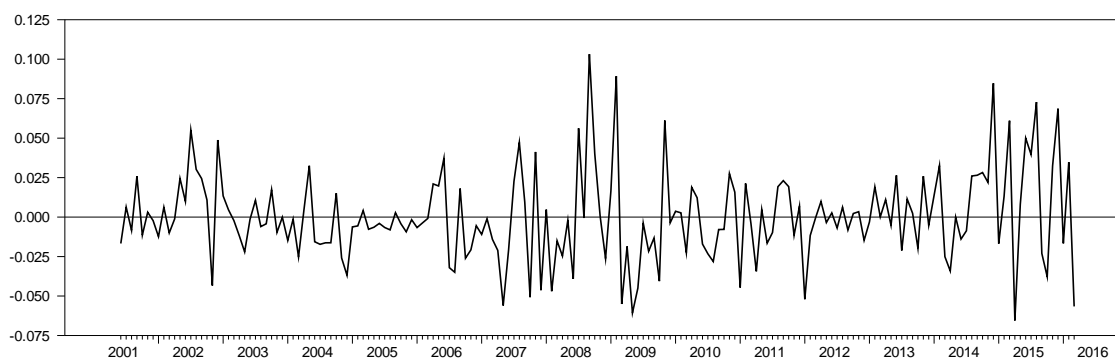
	Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1	CONSTANT	0.00	0.00	0.51	0.61
2	AR{16}	-0.19	0.09	-2.21	0.03
3	MA{1}	0.48	0.07	6.98	0.00

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

De forma similar al modelo mensual 2008 – 2015, el proceso de ajuste de la serie de tasa de cambio es un ARIMA (16) (1) y con tal especificación se cumple el supuesto de no auto correlación de los residuales. No obstante, el modelo no cumple con el supuesto de normalidad, asunto que se encontró en el modelo diario 2000 – 2015, de modo que los picos no explicados que resulten después de incorporar el precio del petróleo, se modelarán con variables dummies para solucionar tal problema.

El problema de la normalidad del modelo se puede observar en la siguiente gráfica y en tabla 32.

**Gráfico 63 :** Residuales Modelo ARIMA (trm) 2000 - 2015



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 56 :** Estadísticos de los Residuales del Modelo 17

<b>Statistics on Series RES</b>			
<b>Monthly Data From 2001:06 To 2016:03</b>			
<b>Observations</b>	<b>178</b>		
<b>Sample Mean</b>	<b>0.000067</b>	<b>Variance</b>	<b>0.000796</b>
<b>Standard Error</b>	<b>0.028214</b>	<b>SE of Sample Mean</b>	<b>0.002115</b>
<b>t-Statistic (Mean=0)</b>	<b>0.031880</b>	<b>Signif Level (Mean=0)</b>	<b>0.974604</b>
<b>Skewness</b>	<b>0.637888</b>	<b>Signif Level (Sk=0)</b>	<b>0.000571</b>
<b>Kurtosis (excess)</b>	<b>1.390368</b>	<b>Signif Level (Ku=0)</b>	<b>0.000205</b>
<b>Jarque-Bera</b>	<b>26.408712</b>	<b>Signif Level (JB=0)</b>	<b>0.000002</b>

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

A continuación se prosigue con la estimación del modelo ARIMAX que incorpora el precio del petróleo como una variable exógena explicativa de los movimientos de la tasa de cambio en el nivel mensual en el periodo 2000 – 2015.



### J.3. Supuestos modelo ARIMAX mensual 2000 – 2015 con precio del petróleo

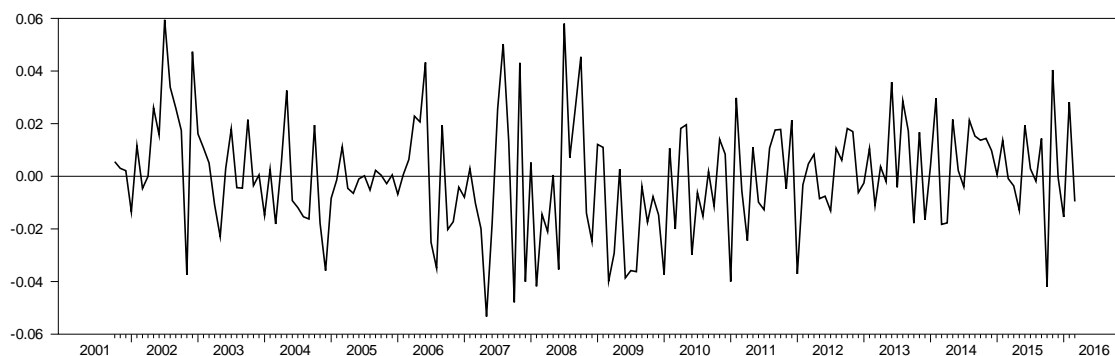
**Tabla 57 :** Rezagos Modelo ARIMAX mensual 2000 – 2015 con precio del petróleo

MODELO 18 ARIMAX TRM 2000 – 2015 DATOS DIARIOS
AR de TRM (16) DLY
MA de TRM (1) DLY
AR de Dummy 1 (1,4) D_DO
MA de Dummy 1 (4,5) N_DO
AR de Dummy 2 (1,2) D_DA
MA de Dummy 2 (0) N_DA
AR de P – Oil (2) DLX
MA de P – Oil (0) DLX

**Tabla 58 :** Estadísticos Modelo ARIMAX mensual 2000 – 2015 con precio del petróleo

Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton	
Convergence in	108 Iterations. Final criterion was 0.0000095 <= 0.0000100
Dependent Variable DLY	
Monthly Data From 2008:07 To 2016:03	
Usable Observations	93
Degrees of Freedom	81
Centered R <sup>2</sup>	0.6107053
R-Bar <sup>2</sup>	0.5578381
Uncentered R <sup>2</sup>	0.6237162
Mean of Dependent Variable	0.0067425012
Std Error of Dependent Variable	0.0364562976
Standard Error of Estimate	0.0242417075
Sum of Squared Residuals	0.0476004908
Log Likelihood	220.3930
Durbin-Watson Statistic	2.3500
Q(23-1)	30.3824
Significance Level of Q	0.1094635

**Gráfico 64 :** Residuales Modelo Modelo ARIMAX mensual 2000 – 2015 con precio del petróleo



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 59** : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX mensual 2000 – 2015 con precio del petróleo

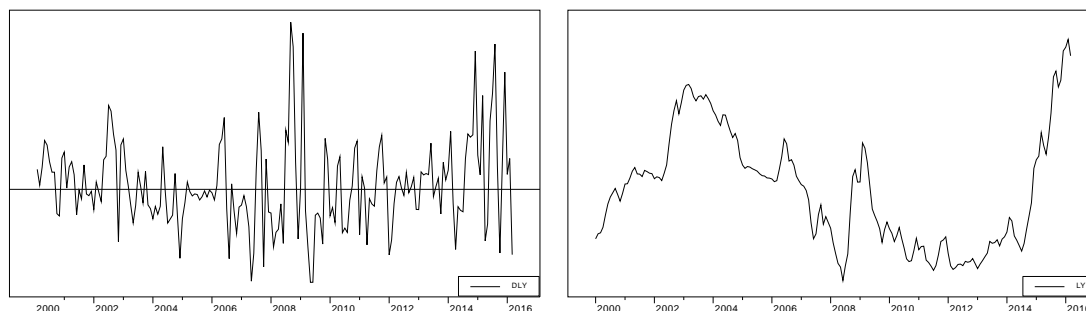
<b>Statistics on Series RES</b>			
<b>Monthly Data From 2001:10 To 2016:03</b>			
<b>Observations</b>	<b>174</b>		
<b>Sample Mean</b>	<b>-0.000016</b>	<b>Variance</b>	<b>0.000449</b>
<b>Standard Error</b>	<b>0.021189</b>	<b>SE of Sample Mean</b>	<b>0.001606</b>
<b>t-Statistic (Mean=0)</b>	<b>-0.009779</b>	<b>Signif Level (Mean=0)</b>	<b>0.992209</b>
<b>Skewness</b>	<b>0.092701</b>	<b>Signif Level (Sk=0)</b>	<b>0.620666</b>
<b>Kurtosis (excess)</b>	<b>0.204765</b>	<b>Signif Level (Ku=0)</b>	<b>0.588984</b>
<b>Jarque-Bera</b>	<b>0.553196</b>	<b>Signif Level (JB=0)</b>	<b>0.758359</b>

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

## K. Modelos ARIMAX de Periodicidad Mensual Auxiliares (2000-2007) (2008-2015)

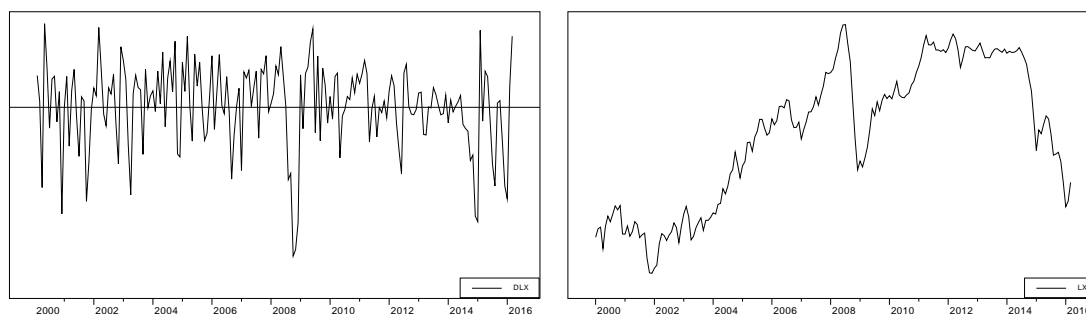
En este periodo de análisis también se puede evidenciar que tanto la tasa de cambio como el precio del petróleo referencial BRENT en el periodo 2000– 2015 son I (1) como se puede observar en los siguientes gráficos:

**Gráfico 65 :** Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Gráfico 66 :** Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2015

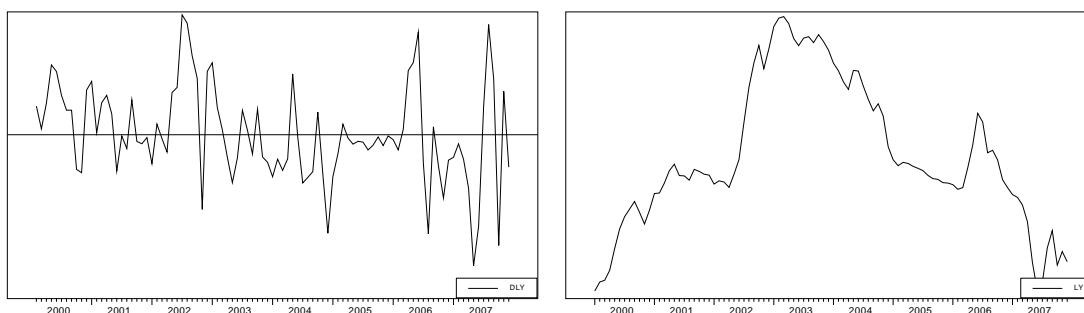


Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

## K.1. Ventana Mensual 2000 – 2007

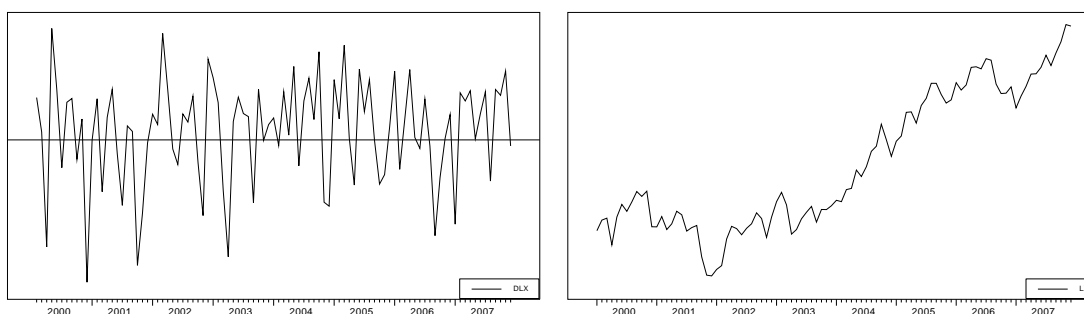
Tanto la tasa de cambio como el precio del petróleo referencial BRENT en el periodo 2000 – 2007 son I (1) como se puede observar en los siguientes gráficos:

**Gráfico 67 :** Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2007



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Gráfico 68.** Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2000 - 2007



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

## K.2. Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2007

A continuación se estima el modelo ARIMA para la tasa de cambio nominal con datos mensuales para llevar a cabo el paso uno de la metodología utilizada en los datos de periodicidad diaria.

**Tabla 60 :** Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2007

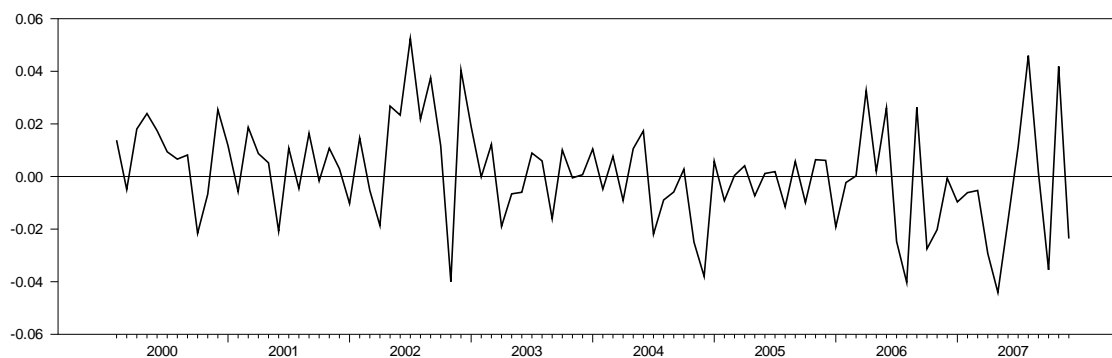
Modelo 13 ARIMA TRM 2000 – 2007 DATOS DIARIOS
AR (0)
MA (1,18)
DIFFS (1)

**Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton****Convergence in 15 Iterations. Final criterion was 0.0000079 <= 0.0000100****Dependent Variable DLY****Monthly Data From 2000:02 To 2007:12****Usable Observations 95****Degrees of Freedom 92****Centered R<sup>2</sup> 0.3199762****R-Bar<sup>2</sup> 0.3051930****Uncentered R<sup>2</sup> 0.3202714****Mean of Dependent Variable 0.0004844533****Std Error of Dependent Variable 0.0233693694****Standard Error of Estimate 0.0194795567****Sum of Squared Residuals 0.0349096880****Log Likelihood 240.8721****Durbin-Watson Statistic 1.8585****Q(23-2) 21.6975****Significance Level of Q 0.4171156**

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
1	CONSTANT	0.000160885	0.002096796	0.07673	0.93900568
2	MA{1}	0.554873722	0.066985916	8.28344	0
3	MA{18}	-0.600233881	0.084584973	-7.09622	0

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

En el periodo 2000 -2007, el mejor modelo de ajuste de la tasa de cambio es un MA (1) de modo que el componente auto regresivo que se había encontrado en la periodicidad diaria en el nivel mensual no se observa. De igual forma el modelo cumple con los supuestos de no auto correlación de los residuales y de normalidad en los mismos como se puede observar en la gráfica de los residuales y la prueba Jarque-Bera:

**Gráfico 69. Residuales Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2007**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 61** : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2000 - 2007

Statistics on Series RES			
Monthly Data From 2000:02 To 2007:12			
Observations	95		
Sample Mean	0.001231	Variance	0.000370
Standard Error	0.019231	SE of Sample Mean	0.001973
t-Statistic (Mean=0)	0.623695	Signif Level (Mean=0)	0.534338
Skewness	0.039390	Signif Level (Sk=0)	0.877404
Kurtosis (excess)	0.260160	Signif Level (Ku=0)	0.617993
Jarque-Bera	0.292479	Signif Level (JB=0)	0.863951

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

A continuación se prosigue con la estimación del modelo ARIMAX que incorpora el precio del petróleo como una variable exógena explicativa de los movimientos de la tasa de cambio en el nivel mensual.

### K.3. Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2000 - 2007

A continuación se estima el modelo ARIMAX para la tasa de cambio nominal con datos mensuales incorporando el precio del petróleo.

**Tabla 62** : Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2000 - 2007

MODELO 14 ARIMAX TRM – P-Oil - 2000 – 2015 DATOS DIARIOS
AR de TRM (0)
MA de TRM (1,18)
AR de P-Oil (2,3,4)
MA de P-Oil (0)
DIFFS (1)

Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton	
Convergence in	28 Iterations. Final criterion was 0.0000099 <= 0.0000100
Dependent Variable DLY	
Monthly Data From 2000:02 To 2007:12	
Usable Observations	95
Degrees of Freedom	88
Centered R^2	0.4071910
R-Bar^2	0.3667722
Uncentered R^2	0.4074483
Mean of Dependent Variable	0.0004844533
Std Error of Dependent Variable	0.0233693694
Standard Error of Estimate	0.0185963187
Sum of Squared Residuals	0.0304324301
Log Likelihood	247.3917
Durbin-Watson Statistic	1.8063
Q(23-2)	25.8857
Significance Level of Q	0.2108409

Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
1	CONSTANT	0.00	0.00	0.15	0.88
2	MA{1}	0.58	0.05	11.17	-
3	MA{18}	-0.71	0.08	-9.36	-
4	N_DLX{0}	0.02	0.01	3.29	0.00
5	D_DLX{2}	-0.24	0.07	-3.21	0.00
6	D_DLX{3}	-0.23	0.09	-2.44	0.02
7	D_DLX{4}	-0.90	0.07	-12.20	-

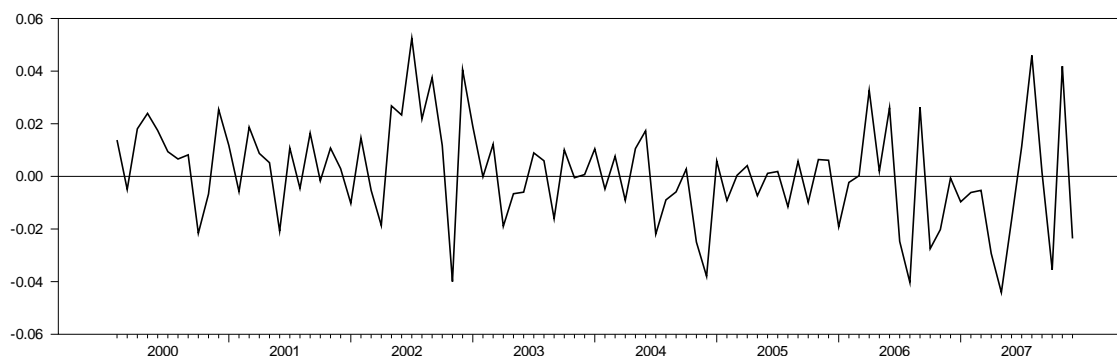
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Se observa que el modelo mensual de tasa de cambio con las variaciones de tasa de cambio como variable explicativa, cumple con el supuesto de no auto correlación de los residuales, y cuanta con la significancia de los coeficientes correspondientes al componente de media móvil de la tasa de cambio. Así mismo, se observa la significancia de los coeficientes que acompañan las variaciones del precio del petróleo, coeficientes que muestran una apreciación de la tasa de cambio acumulada de -1,36% ante un incremento de los precios del petróleo de 1%, en un plazo de cuatro meses, esta apreciación acumulada en el nivel mensual se evidencia discriminada por meses en 0,24% después de dos meses, 0,23% en el tercer mes después del incremento de los precios del petróleo, y finalmente un 0,90% después de cuatro meses del choque inicial.

Este análisis de datos, contrario a la periodicidad diaria, si muestran una direccionalidad precisa en el efecto de las variaciones en el precio del petróleo en la tasa de cambio, se observa que un auge de precios tiene un efecto concreto en la tasa de cambio en el periodo 2000 – 2007 en un periodo de dos meses, y cada choque se consolida en un periodo de cuatro meses. Es importante notar que dado que puede haber un incremento continuo de los precios del petróleo, o caídas continuas, la dinámica puede tener un factor multiplicativo en la apreciación o depreciación de la tasa de cambio.

El modelo cumple el supuesto de normalidad, el cual se puede observar en el siguiente gráfico y en el cuadro siguiente con la prueba Jarque- Bera.

**Gráfico 70.** Residuales Modelo ARIMAX (trm – p oil) 2000 - 2007



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 63 :** Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMAX (trm – p oil) 2000 - 2007

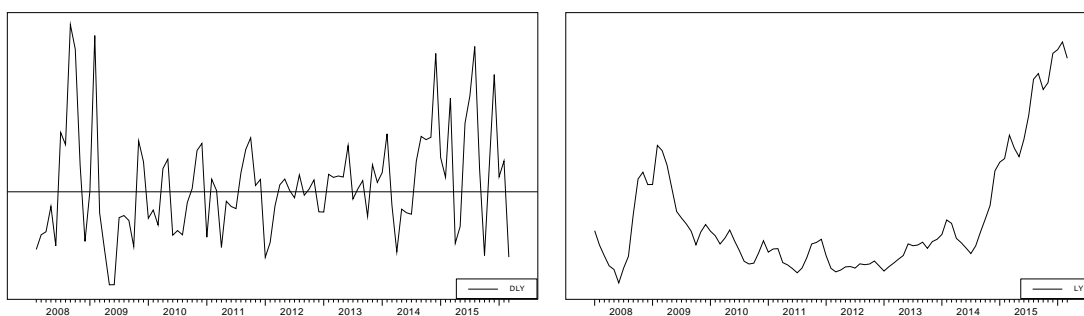
Statistics on Series RES			
Monthly Data From 2000:02 To 2007:12			
Observations	95		
Sample Mean	0.001443	Variance	0.000322
Standard Error	0.017934	SE of Sample Mean	0.001840
t-Statistic (Mean=0)	0.784239	Signif Level (Mean=0)	0.434872
Skewness	0.328982	Signif Level (Sk=0)	0.197618
Kurtosis (excess)	0.251220	Signif Level (Ku=0)	0.630118
Jarque-Bera	1.963446	Signif Level (JB=0)	0.374665

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

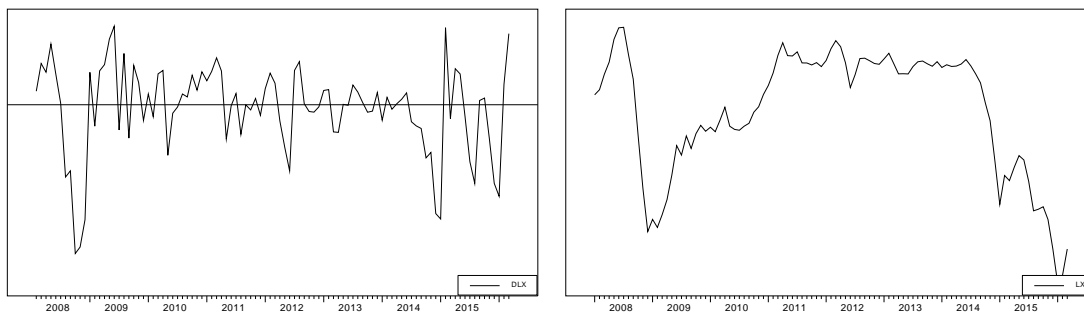
A continuación se presenta el modelo con periodicidad mensual para el periodo 2008 – 2015 aplicando la metodología utilizada en las anteriores secciones, de modo que primero se estima el modelo ARIMA para la trm, y posteriormente se incorporan las variaciones de los precios del petróleo como variable explicativa de los movimientos de la tasa de cambio.

#### K.4. Ventana Mensual 2008 – 2015

Tanto la tasa de cambio como el precio del petróleo referencial BRENT en el periodo 2008– 2015 son I (1) como se puede observar en los siguientes gráficos:

**Gráfico 71.** Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2008 - 2015

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Gráfico 72.** Precio del Petróleo BRENT en logaritmo y primeras diferencias 2008 - 2015

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0



## K.5. Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2008 - 2015

A continuación se estima el modelo ARIMA para la tasa de cambio nominal con datos mensuales en el periodo 2008 – 2015 para llevar a cabo el paso uno de la metodología utilizada en los modelos anteriores. Dado que el modelo inicial no cumplía el supuesto de normalidad, se construyeron variables dicotómicas para enfrentar tal problema.

**Tabla 64 :** Modelo ARIMA Tasa de Cambio 2008 - 2015

<b>MODELO 15 ARIMA TRM 2008 – 2015 DATOS DIARIOS</b>
AR de TRM (0)
MA de TRM (1,8)
AR de Dummy 1 (4) D_DO
MA de Dummy 1 (2,4) N_DO
AR de Dummy 2 (2) D_DA
MA de Dummy 2 (1) N_DA
DIFFS (1)

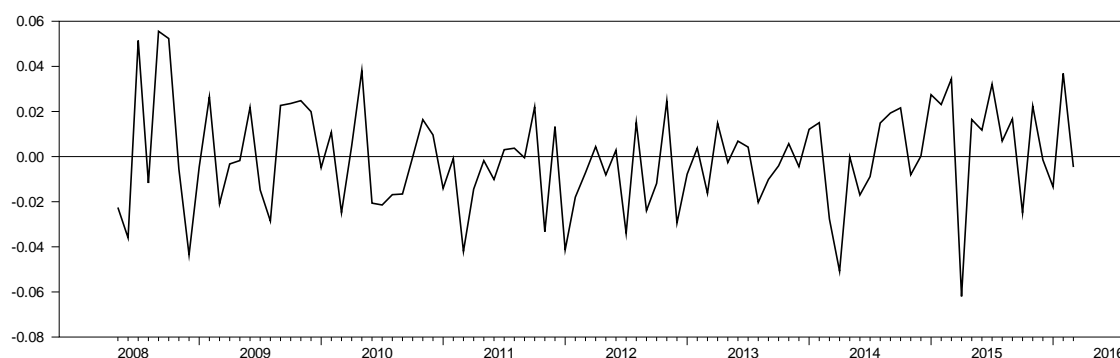
<b>Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton</b>	
<b>Convergence in 79 Iterations. Final criterion was 0.0000062 &lt;= 0.0000100</b>	
<b>Dependent Variable DLY</b>	
<b>Monthly Data From 2008:05 To 2016:03</b>	
<b>Usable Observations</b>	<b>95</b>
<b>Degrees of Freedom</b>	<b>84</b>
<b>Centered R^2</b>	<b>0.6131402</b>
<b>R-Bar^2</b>	<b>0.5670854</b>
<b>Uncentered R^2</b>	<b>0.6238126</b>
<b>Mean of Dependent Variable</b>	<b>0.0060973074</b>
<b>Std Error of Dependent Variable</b>	<b>0.0363920222</b>
<b>Standard Error of Estimate</b>	<b>0.0239445833</b>
<b>Sum of Squared Residuals</b>	<b>0.0481608179</b>
<b>Log Likelihood</b>	<b>225.5874</b>
<b>Durbin-Watson Statistic</b>	<b>2.0569</b>
<b>Q(23-3)</b>	<b>11.9387</b>
<b>Significance Level of Q</b>	<b>0.9181713</b>

	<b>Variable</b>	<b>Coeff</b>	<b>Std Error</b>	<b>T-Stat</b>	<b>Signif</b>
<b>1</b>	CONSTANT	0.01	0.00	2.53	0.01
<b>2</b>	MA{1}	0.62	0.07	8.88	-
<b>3</b>	MA{8}	-0.47	0.07	-6.70	-
<b>4</b>	MA{10}	0.59	0.07	7.83	-
<b>5</b>	N_DO{0}	0.06	0.01	6.45	0.00
<b>6</b>	N_DO{2}	-0.02	0.01	-2.69	0.01
<b>7</b>	N_DO{4}	0.05	0.01	4.89	0.00
<b>8</b>	D_DO{4}	-0.71	0.13	-5.41	0.00
<b>9</b>	N_DA{0}	-0.07	0.02	-4.56	0.00
<b>10</b>	N_DA{1}	-0.08	0.02	-4.80	0.00
<b>11</b>	D_DA{2}	0.76	0.10	7.99	-

Fuente: Cálculos del autor con software RATS 8.0

De forma similar al modelo mensual 2000 – 2007, el proceso de ajuste de la serie de tasa de cambio es un MA (1, 8, 10) de modo que el componente autorregresivos observado en los modelos diarios. Así mismo se puede ver la significancia de los coeficientes que acompañan a las dummies incorporadas en los picos que hacían a los residuales no cumplir el supuesto de normalidad, de modo que el modelo cumple con los supuestos de no auto correlación de los residuales y de normalidad como se puede observar en la gráfica de los residuales y la prueba Jarque-Bera:

**Gráfico 73 : Residuales Modelo ARIMA (trm) 2008 - 2015**



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 65 : Estadísticos de los Residuales del Modelo ARIMA (trm) 2008 - 2015**

<b>Statistics on Series RES</b>			
Monthly Data From 2008:05 To 2016:03			
Observations	95		
Sample Mean	-0.000635	Variance	0.000512
Standard Error	0.022626	SE of Sample Mean	0.002321
t-Statistic (Mean=0)	-0.273610	Signif Level (Mean=0)	0.784985
Skewness	-0.004059	Signif Level (Sk=0)	0.987318
Kurtosis (excess)	0.139801	Signif Level (Ku=0)	0.788713
Jarque-Bera	0.077624	Signif Level (JB=0)	0.961932

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

A continuación se prosigue con la estimación del modelo ARIMAX que incorpora el precio del petróleo como una variable exógena explicativa de los movimientos de la tasa de cambio en el nivel mensual en el periodo 2008 - 2015.

## K.6. Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2008 - 2015

**Tabla 66 :** Modelo ARIMAX Tasa de Cambio y Precio del Petróleo 2008 - 2015

<b>MODELO 16 ARIMAX TRM 2008 – 2015 DATOS DIARIOS</b>
AR de TRM (0) DLY
MA de TRM (1,10) DLY
AR de Dummy 1 (1) D_DB
MA de Dummy 1 (1) N_DB
AR de Dummy 2 (1) D_DC
MA de Dummy 2 (1) N_DC
AR de P – Oil (2, 5) DLX
MA de P – Oil (5) DLX
DIFFS (1)

<b>Box-Jenkins - Estimation by LS Gauss-Newton</b>	
Convergence in 108 Iterations. Final criterion was 0.0000095 <= 0.0000100	
Dependent Variable DLY	
Monthly Data From 2008:07 To 2016:03	
Usable Observations	93
Degrees of Freedom	81
Centered R^2	0.6107053
R-Bar^2	0.5578381
Uncentered R^2	0.6237162
Mean of Dependent Variable	0.0067425012
Std Error of Dependent Variable	0.0364562976
Standard Error of Estimate	0.0242417075
Sum of Squared Residuals	0.0476004908
Log Likelihood	220.3930
Durbin-Watson Statistic	2.3500
Q(23-1)	30.3824
Significance Level of Q	0.1094635

	Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1	CONSTANT	0.03	0.02	1.91	0.06
2	MA{1}	0.71	0.09	7.50	0.00
3	N_DLX{0}	-0.13	0.03	-4.75	0.00
4	N_DLX{5}	-0.13	0.03	-4.68	0.00
5	D_DLX{2}	0.32	0.05	6.73	0.00
6	D_DLX{5}	-0.80	0.07	-12.18	0.00
7	N_DB{0}	0.07	0.01	4.59	0.00
8	N_DB{1}	0.09	0.02	5.73	0.00
9	D_DB{1}	-0.99	0.02	-46.73	0.00
10	N_DC{0}	-0.13	0.04	-3.56	0.00
11	N_DC{1}	0.09	0.04	2.48	0.02
12	D_DC{1}	0.99	0.01	131.26	0.00

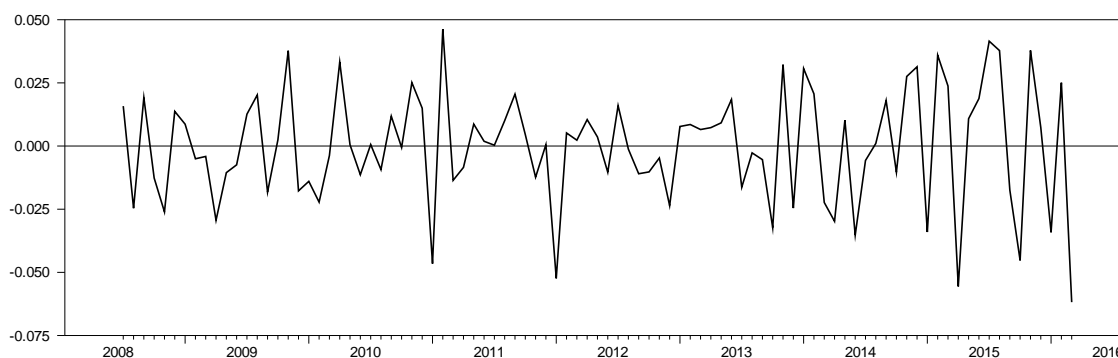
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

El modelo mensual de 2008 – 2015 que incorpora el precio del petróleo como variable explicativa presentó problemas de normalidad, de modo que se incorporaron variables dummy para recoger los picos no explicados en los residuales. Se puede observar cómo

los coeficientes 5 y 6 presentan respuestas de la tasa de cambio ante variaciones en el precio del petróleo, de forma particular, se tiene que un incremento de 1% en los precios del petróleo, genera una apreciación de 0,5% en la tasa de cambio en un tiempo de cinco meses. Esta respuesta según el modelo estimado presenta un primer momento dos meses después, y cinco meses después se “concreta” la direccionalidad de la respuesta, donde un incremento en el precio del petróleo genera una apreciación de la tasa de cambio.

Este modelo cumple los supuestos de no auto correlación, y de normalidad en los residuales tal y como se puede observar en el siguiente gráfico y en la siguiente tabla.

**Gráfico 74 : Residuales Modelo 16 ARIMA (trm) 2008 - 2015**



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 67 : Estadísticos de los Residuales del Modelo 16**

<b>Statistics on Series RES</b>			
<b>Monthly Data From 2008:07 To 2016:03</b>			
<b>Observations</b>	<b>93</b>		
<b>Sample Mean</b>	<b>-0.000312</b>	<b>Variance</b>	<b>0.000517</b>
<b>Standard Error</b>	<b>0.022744</b>	<b>SE of Sample Mean</b>	<b>0.002358</b>
<b>t-Statistic (Mean=0)</b>	<b>-0.132341</b>	<b>Signif Level (Mean=0)</b>	<b>0.895003</b>
<b>Skewness</b>	<b>-0.357738</b>	<b>Signif Level (Sk=0)</b>	<b>0.165844</b>
<b>Kurtosis (excess)</b>	<b>0.023293</b>	<b>Signif Level (Ku=0)</b>	<b>0.964792</b>
<b>Jarque-Bera</b>	<b>1.985742</b>	<b>Signif Level (JB=0)</b>	<b>0.370511</b>

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

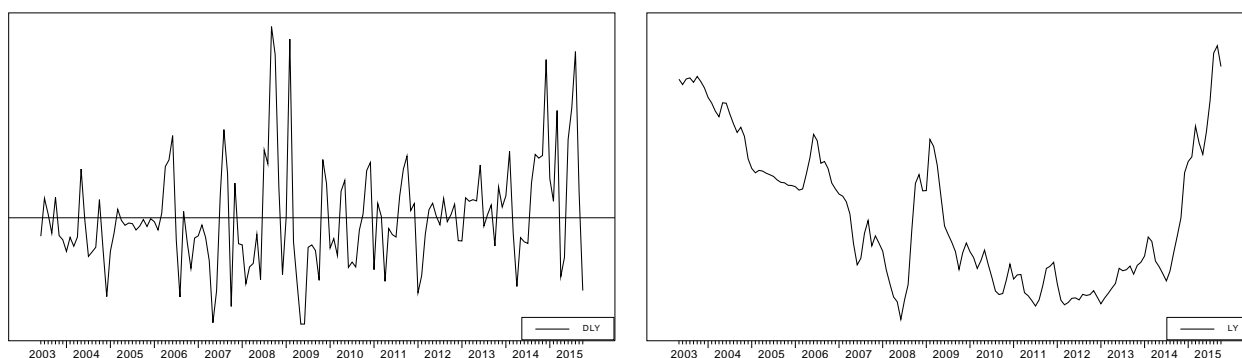
Se continúa con la estimación del modelo mensual con periodicidad 2000 – 2015, donde se espera encontrar una respuesta de la tasa de cambio ante los precios del petróleo en términos de meses, precisamente en menos de seis meses.

## L. Pruebas de raíz unitaria para series 2003 -2015 mensuales y supuestos del modelo estimado

### L.1. Pruebas de raíz unitaria variables mensuales 2003 - 2015

Se presenta el análisis preliminar de las serie para determinar su estacionariedad y por consiguiente la necesidad de diferenciación para garantizar la modelación de la velocidad de apreciación de la tasa de cambio en el periodo 2003 – 2015 con datos mensuales. Se presentará preliminarmente el análisis para todas las variables a utilizar en los distintos modelos.

**Gráfico 75 :** Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (datos mensuales)



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 68 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para Tasa de Cambio en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales)

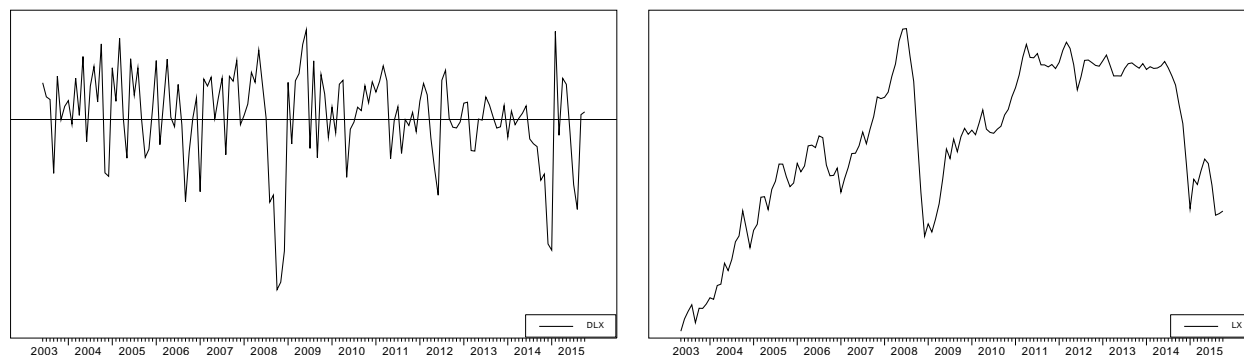
*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLY *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level 0.050. *	
*****	
Using data from 2003:06 to 2015:10	
Adding lag 0	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLY WITH 0 LAGS:-7.7335 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9420 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para la Tasa de Cambio mensual en el periodo 2003 – 2015, presenta raíz unitaria en logaritmo, sin embargo, al realizar la primera diferencia del logaritmo, ya no presenta raíz

unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 76 :** Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales)



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

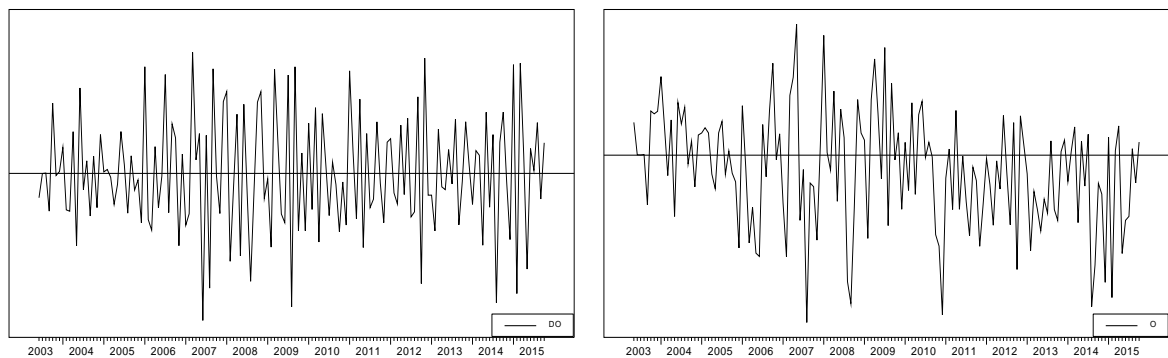
**Tabla 69 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para Precio del Petróleo en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales)

*****
<b>* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLX *</b>
<b>* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *</b>
<b>* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *</b>
<b>* residual serial correlation at level 0.050. *</b>
*****
<b>Using data from 2003:06 to 2015:10</b>
*****
<b>Adding lag 0</b>
*****
<b>* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLX WITH 0 LAGS:-8.4890 *</b>
<b>* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9420 *</b>
*****

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

En el periodo 2003 – 2015, el logaritmo del precio a nivel mensual muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 77 :** “Order Flow” en nivel y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales)



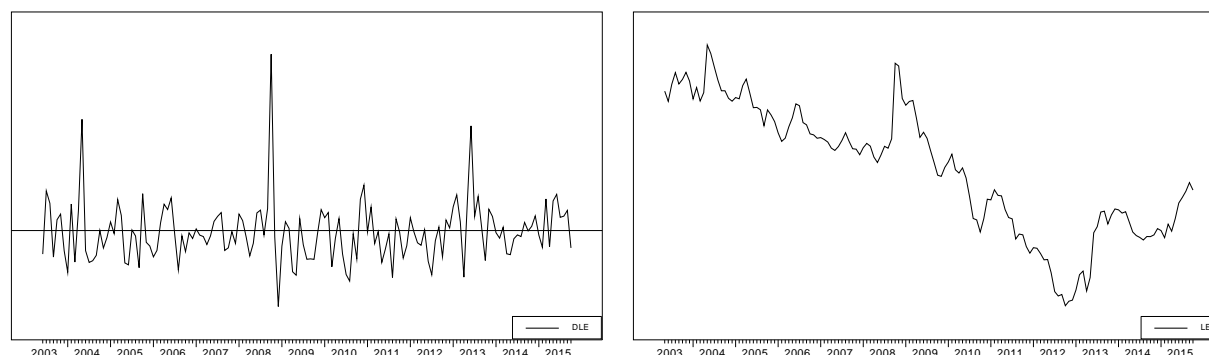
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 70 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para “Order Flow” en nivel 2003 - 2015

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN O *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level0.050. *	
*****	
Using data from 2003:05 to 2015:10	
Adding lag 0	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR O WITH 0 LAGS: -10.0872 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9420 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para el “*Order Flow*” en el periodo 2003 – 2015, su nivel muestra no tener raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 78 : Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales)**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 71 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Riesgo País (EMBI) en logaritmo y primeras diferencias 2003 - 2008**

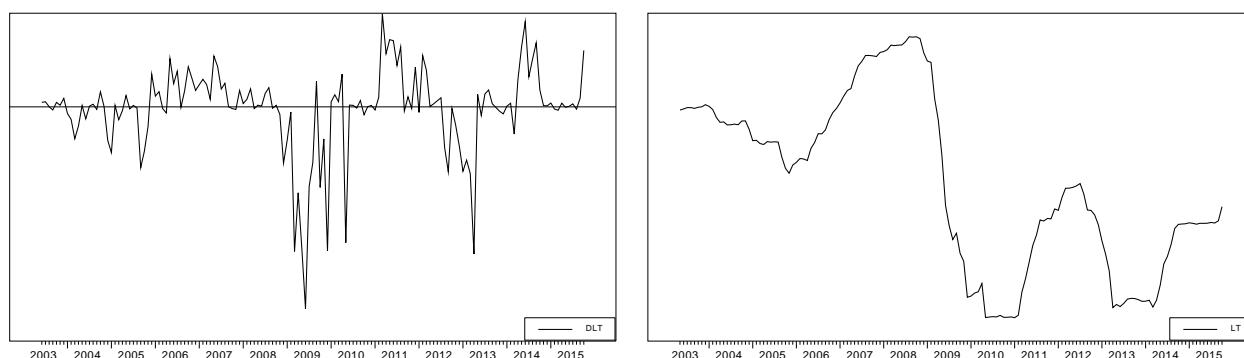
*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLE *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level 0.050. *	
*****	
Using data from 2003:06 to 2015:10	
Adding lag 0	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLE WITH 0 LAGS: -10.3362 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9420 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

El logaritmo del índice EMBI mensual en el periodo 2003 – 2015, muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia no presenta raíz unitaria, dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.



**Gráfico 79 :** Tasa Interbancaria en logaritmo y primeras diferencias 2003 – 2015 (Datos Mensuales)



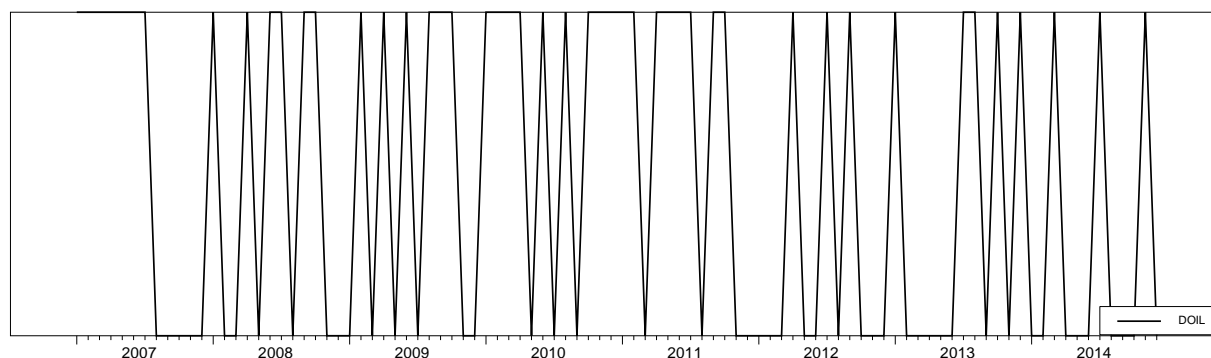
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 72 :** Prueba Dickey Fuller Aumentada para logaritmo de Tasa Interbancaria en primeras diferencias 2003 - 2015

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DLT *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level 0.050. *	
*****	
Using data from 2003:06 to 2015:10	
Adding lag 0	
Adding lag 1	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DLT WITH 1 LAGS:-4.3530 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9420 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Para la Tasa Interbancaria en el periodo 2003 – 2015, su logaritmo muestra tener raíz unitaria, sin embargo al realizar la primera diferencia del logaritmo de la Tasa Interbancaria, ya no presenta raíz unitaria, esto dado que el valor del estadístico para el coeficiente en la prueba es mayor que el valor crítico con un nivel del 5% de significancia.

**Gráfico 80 : Descubrimientos Petroleros 2007 – 2014**

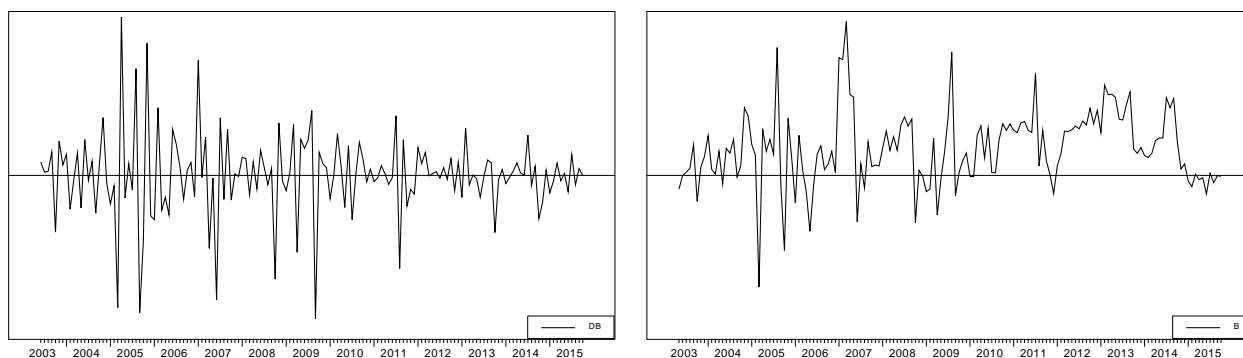
Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 73 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Descubrimientos Petroleros 2007 - 2014**

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN DOIL *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level 0.050. *	
*****	
Using data from 2007:01 to 2014:12	
Adding lag 0	
Adding lag 1	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR DOIL WITH 1 LAGS -3.2504 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9435 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

Los descubrimientos petroleros, muestran ser estacionarios en su nivel natural, de modo que se trabajará con su nivel en los modelos mensuales a estimar para el periodo 2007 – 2014.

**Gráfico 81 : Balanza Cambiaria en nivel y en primeras diferencias 2003 – 2015**

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

**Tabla 74 : Prueba Dickey Fuller Aumentada para Balanza Cambiaria 2003 - 2015**

*****	
* TESTING THE NULL HYPOTHESIS OF A UNIT ROOT IN B *	
* Choosing the optimal lag length for the ADF regression *	
* by adding lags until the Ljung-Box test rejects *	
* residual serial correlation at level0.050. *	
*****	
Using data from 2003:05 to 2015:10	
Adding lag 0	
Adding lag 1	
*****	
* AUGMENTED DICKEY-FULLER TEST FOR B WITH 1 LAGS: -4.2140 *	
* AT LEVEL 0.05 THE TABULATED CRITICAL VALUE: -1.9420 *	
*****	

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

La balanza cambiaria en el periodo 2003 – 2015 no presenta raíz unitaria, de modo que la serie se trabaja con sus niveles naturales.

## L.2. Supuestos Modelo VAR 2003 – 2015 datos mensuales

**Tabla 75 :** Modelo VAR 2003 – 2015 datos mensuales <sup>55</sup>

Dependent Variable DLY	
Mean of Dependent Variable	0.0001665002
Std Error of Dependent Variable	0.0324095751
Standard Error of Estimate	0.0273457860
Sum of Squared Residuals	0.1016997134
Durbin-Watson Statistic	2.0042

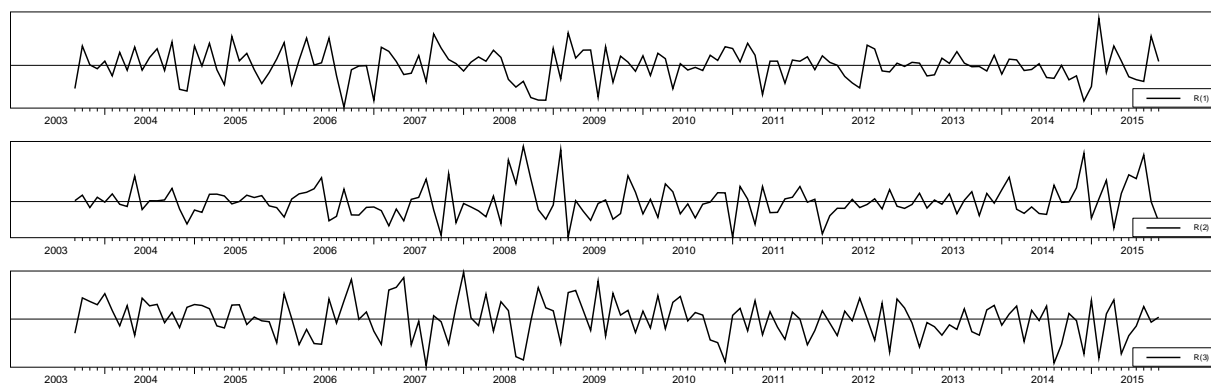
**Tabla 76 :** Matriz de Varianzas y Covarianzas VAR (trm – Poil – Order Flow) 2003 – 2015 (Datos Mensuales)

	DLX	DLY	O
DLX	0.01	-0.28	0.01
DLY	0.00	0.00	-0.45
O	0.41	-9.29	607590.21

Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

El modelo con 3 rezagos para cada variable cumple los supuestos de normalidad como se puede ver en el siguiente gráfico, de modo que se pueden realizar los ejercicios de impulso respuesta para evaluar la velocidad de apreciación o depreciación de la tasa de cambio en el periodo 2003 – 2015.

**Gráfico 82 :** Residuales Modelo 20 VAR (trm – Poil – Order Flow – EMBI - TIB) 2003 – 2015 (Datos Mensuales)



Fuente: Superintendencia Financiera y Banco de la República. Cálculos del autor con software RATS 8.0

<sup>55</sup> DLX: Primera diferencia del logaritmo del precio del petróleo

DLY: Primera diferencia del logaritmo de la tasa de cambio.

O: "Order Flow"

DLE: Primera diferencia del logaritmo del índice EMBI (Riesgo País).

DLT: Primera diferencia del logaritmo de la tasa interbancaria.

DOIL: Descubrimientos petroleros.

B: Balanza Cambiaria

## Bibliografía

- Andersen, T. G. (2003). Micro Effects of Macro Announcements: Real-Time Price Discovery in Foreign Exchange. *American Economic Review*, v. 93, iss. 1, 38-62.
- Arokiasamy, F., Mathur, I., & Sharma, S. C. (2000). Effects of US Money Announcements on the Daily Exchange Rates of Industrialized Countries. *Applied Economics* v. 32, iss. 5, 593-599.
- Berger, D. W., Chaboud, A. P., Chernenko, S. V., Howorka, E., Iyer, R. S., Liu, D., & Wright, J. H. (2005). Order flow and exchange rate dynamics in electronic brokerage system data.
- Botta, Godin, & Missaglia. (2014). *Finance, Foreign (Direct) Investment and Dutch Disease: The Case of Colombia*. Department of Economic and Management Università di Pavia.
- Boulter, T., & Tan, C. P. (2000). The Short Run Impact of Scheduled Macroeconomic Announcements on the Australian Dollar during.
- BP. (2014). <http://www.bp.com>. Retrieved 12 01, 2014, from [http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/Energy-Outlook/BP\\_World\\_Energy\\_Outlook\\_booklet\\_2035.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/Energy-Outlook/BP_World_Energy_Outlook_booklet_2035.pdf)
- Cassing, J. (1987). On Resource Booms and Busts: Some Aspects of the Dutch Disease in Six Developing Economies. *Eastern Economic Journal* Vol 13, 373-387.
- Dominguez, K. M., & Panthaki, F. (2006). ¿What Defines 'News' in Foreign Exchange Markets? *Journal of International Money and Finance*, v. 25, iss. 1, 168-198.
- Egert, B. (2010). The Impact of Monetary and Commodity Fundamentals, Macro News and Central Bank Communication on the Exchange Rate: Evidence from South Africa. *Open Economies Review*, v. 21, iss. 5, 655-677.
- Ehrmann, M., & Fratzscher, M. (2005). Exchange Rates and Fundamentals: New Evidence from Real-Time Data. *Journal of International Money and Finance*, v. 24, iss. 2, 317-341.
- Enders, W. (2015). *Applied Econometric Time Series*. Walter: University of Alabama.
- Engel, C. (1996). A Model of Foreign Exchange Rate Indetermination. *National Bureau of Economic Research*, Inc, NBER Working Papers: 5766.

- 
- Evans, K. P., & Speight, A. E. (2010). Dynamic News Effects in High Frequency Euro Exchange Rates. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, v. 20, iss. 3, 238-258.
- Evans, M. D. (2005). ¿What are the Origins of Foreign Exchange Movements? *Georgetown University, Department of Economics, Working Papers*.
- Evans, M. D., & Lyons, R. K. (2002). Order Flow and Exchange Rate Dynamics. *Journal of Political Economy*, v. 110, iss. 1, 170-180.
- Evans, M. D., & Lyons, R. K. (2008). ¿How Is Macro News Transmitted to Exchange Rates? *Journal of Financial Economics*, v. 88, iss. 1, 26-50.
- Fornari, F. (2002). The Impact of News on the Exchange Rate of the Lira and Long-Term Interest Rates. *Economic Modelling*, v. 19, iss. 4, 611-639.
- Frankel, J. A., & Rose, A. K. (1994). The Response of Short-term Interest Rates and Exchange Rates to Weekly Money Announcements. *National Bureau of Economic Research*, Inc, NBER Working Papers: 4865.
- Galati, G., & Ho, C. (2003). Macroeconomic News and the Euro/Dollar Exchange Rate. *Economic Notes*, v. 32, iss. 3, 371-398.
- Godin, A., & Caverzasi, E. (2013). *Stock-flow Consistent Modeling through the Ages*. Levy Economics Institute.
- Kim, S.-J. (1998). Do Australian and the US Macroeconomic News Announcements Affect the USD/AUD Exchange Rate? Some Evidence from E-GARCH Estimations. *Journal of Multinational Financial Management* v. 8, iss. 2-3, 233-248.
- Meese, R., & Rogoff, K. (1983). Empirical Exchange Rate Models of the Seventies. *Journal of International Economics*.
- Nedeljkovic, M., & Urosevic, B. (2012). Determinants of the Dinar-Euro Nominal Exchange Rate. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, v. 15, iss. 3, 121-141.
- Ocampo, J. A. (2013). *Performance and Challenges of the Colombian Economy*. Miami: University of Columbia.
- Ogun, O. D. (2012). Exchange Rate Determination in Developing Economies. *Modern Economy*, v. 3, iss. 5, 518-521.
- Osler, C. L. (2006). Macro Lessons from Microstructure. *International Journal of Finance and Economics*, v. 11, iss. 1 55-80, 55-80.

- Payne, R., & Love, R. (2003). Macroeconomic news, order flows and exchange rates. *Financial Markets Group, FMG Discussion Papers*.
- Piraján, & Urrea. (2011). *Enfermedad Holandesa El Auge del Sector Minero Energético Colombiano 2000 - 2010*. Centro de Estudios Latinoamericanos.
- Puyana, A. (2000). *Dutch Disease", Macroeconomic Policies, and Rural Poverty in Colombia*. International Journal of Politics.
- Rogoff, K. (1996). The Purchasing Power Parity Puzzle. *Journal of Economic Literature*, Vol. 34 No. 2, 647 - 668.
- Siklos, P. L., & Bohl, M. T. (2008). Policy Words and Policy Deeds: The ECB and the Euro. *International Journal of Finance and Economics*, v. 13, iss. 3, 247-265.
- Vitale, P. (2004). A Guided Tour of the Market Microstructure Approach to Exchange Rate Determination.
- Wei Lia, M. C. (2015). High Frequency Analysis of Macro News Releases on the Foreign Exchange Market A Survey of Literature. *Big Data Research Volume 2, Issue 1 Special Issue on Computation, Business, and Health Science*, 33-48.